

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

To:

EADS DEUTSCHLAND GMBH
Intellectual Property Management
Postfach 80 11 09
D-81663 München
ALLEMAGNE
- 2 JUL 2001

Date of mailing (day/month/year) 21 December 2000 (21.12.00)	
Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/DE00/02220	International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)

1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant ☐ the inventor ☐ the agent ☐ the common representative

Name and Address DAIMLERCHRYSLER AG Epplestrasse 25 D-70567 Stuttgart Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☒ the person ☒ the name ☒ the address ☐ the nationality ☐ the residence


Name and Address EADS DEUTSCHLAND GMBH D-81663 München Germany	State of Nationality DE	State of Residence DE
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

3. Further observations, if necessary:

Please note that the address for correspondence has also changed as indicated in the addressee box above.

4. A copy of this notification has been sent to:

<input checked="" type="checkbox"/> the receiving Office	<input type="checkbox"/> the designated Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Searching Authority	<input type="checkbox"/> the elected Offices concerned
<input type="checkbox"/> the International Preliminary Examining Authority	<input type="checkbox"/> other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colmbettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer  Simin Baharlou Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	--

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE
 in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 17 May 2001 (17.05.01)	
International application No. PCT/DE00/02220	Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1
International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	Priority date (day/month/year) 21 July 1999 (21.07.99)
Applicant HALLDORSSON, Thorsteinn	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

☒ in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

17 February 2001 (17.02.01)

☐ in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:
2. The election ☒ was
☐ was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer R. Forax Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

EADS DEUTSCHLAND GMBH
Intellectual Property Management
Postfach 80 11 09
D-81663 München
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 01 February 2001 (01.02.01)		
Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/DE00/02220	International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)	Priority date (day/month/year) 21 July 1999 (21.07.99)
Applicant EADS DEUTSCHLAND GMBH et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 01 February 2001 (01.02.01) under No. WO 01/07942

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

Continuation of Form PCT/IB/308

**NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF
THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES**

Date of mailing (day/month/year) 01 February 2001 (01.02.01)	IMPORTANT NOTICE
Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1	International application No. PCT/DE00/02220
<p>The applicant is hereby notified that, at the time of establishment of this Notice, the time limit under Rule 46.1 for making amendments under Article 19 has not yet expired and the International Bureau had received neither such amendments nor a declaration that the applicant does not wish to make amendments.</p>	

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCT

NOTIFICATION OF RECEIPT OF
RECORD COPY

(PCT Rule 24.2(a))

FTP/M	
Eing.:	
MUE 19. Okt. 2000	
z. Erledigung	
Frist	

To:

DAIMLERCHRYSLER AG
Intellectual Property Management
FTP/M
Postfach 80 04 65
D-81663 München
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)	IMPORTANT NOTIFICATION
Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1	International application No. PCT/DE00/02220

The applicant is hereby notified that the International Bureau has received the record copy of the international application as detailed below.

Name(s) of the applicant(s) and State(s) for which they are applicants:

DAIMLERCHRYSLER AG (for all designated States except US)

HALLDORSSON, Thorsteinn (for US)

International filing date

06 July 2000 (06.07.00)

Priority date(s) claimed

✓ 21 July 1999 (21.07.99)

Date of receipt of the record copy
by the International Bureau

✓ 21 September 2000 (21.09.00)

List of designated Offices

- ✓ EP : AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE
✓ National : JP, US


ATTENTION

The applicant should carefully check the data appearing in this Notification. In case of any discrepancy between these data and the indications in the international application, the applicant should immediately inform the International Bureau.

In addition, the applicant's attention is drawn to the information contained in the Annex, relating to:

- ☒ time limits for entry into the national phase
☒ confirmation of precautionary designations
☐ requirements regarding priority documents

A copy of this Notification is being sent to the receiving Office and to the International Searching Authority.

The International Bureau f WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer: Jocelyne Rey-Millet 
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38

INFORMATION ON TIME LIMITS FOR ENTERING THE NATIONAL PHASE

The applicant is reminded that the "national phase" must be entered before each of the designated Offices indicated in the Notification of Receipt of Record Copy (Form PCT/IB/301) by paying national fees and furnishing translations, as prescribed by the applicable national laws.

The time limit for performing these procedural acts is **20 MONTHS** from the priority date or, for those designated States which the applicant elects in a demand for international preliminary examination or in a later election, **30 MONTHS** from the priority date, provided that the election is made before the expiration of 19 months from the priority date. Some designated (or elected) Offices have fixed time limits which expire even later than 20 or 30 months from the priority date. In other Offices an extension of time or grace period, in some cases upon payment of an additional fee, is available.

In addition to these procedural acts, the applicant may also have to comply with other special requirements applicable in certain Offices. **It is the applicant's responsibility** to ensure that the necessary steps to enter the national phase are taken in a timely fashion. Most designated Offices do not issue reminders to applicants in connection with the entry into the national phase.

For detailed information about the procedural acts to be performed to enter the national phase before each designated Office, the applicable time limits and possible extensions of time or grace periods, and any other requirements, see the relevant Chapters of Volume II of the PCT Applicant's Guide. Information about the requirements for filing a demand for international preliminary examination is set out in Chapter IX of Volume I of the PCT Applicant's Guide.

GR and ES became bound by PCT Chapter II on 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, and may, therefore, be elected in a demand or a later election filed on or after 7 September 1996 and 6 September 1997, respectively, regardless of the filing date of the international application. (See second paragraph above.)

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

CONFIRMATION OF PRECAUTIONARY DESIGNATIONS

This notification lists only specific designations made under Rule 4.9(a) in the request. It is important to check that these designations are correct. Errors in designations can be corrected where precautionary designations have been made under Rule 4.9(b). The applicant is hereby reminded that any precautionary designations may be confirmed according to Rule 4.9(c) before the expiration of 15 months from the priority date. If it is not confirmed, it will automatically be regarded as withdrawn by the applicant. There will be no reminder and no invitation. Confirmation of a designation consists of the filing of a notice specifying the designated State concerned (with an indication of the kind of protection or treatment desired) and the payment of the designation and confirmation fees. Confirmation must reach the receiving Office within the 15-month time limit.

REQUIREMENTS REGARDING PRIORITY DOCUMENTS

For applicants who have not yet complied with the requirements regarding priority documents, the following is recalled.

Where the priority of an earlier national, regional or international application is claimed, the applicant must submit a copy of the said earlier application, certified by the authority with which it was filed ("the priority document") to the receiving Office (which will transmit it to the International Bureau) or directly to the International Bureau, before the expiration of 16 months from the priority date, provided that any such priority document may still be submitted to the International Bureau before that date of international publication of the international application, in which case that document will be considered to have been received by the International Bureau on the last day of the 16-month time limit (Rule 17.1(a)).

Where the priority document is issued by the receiving Office, the applicant may, instead of submitting the priority document, request the receiving Office to prepare and transmit the priority document to the International Bureau. Such request must be made before the expiration of the 16-month time limit and may be subjected by the receiving Office to the payment of a fee (Rule 17.1(b)).

If the priority document concerned is not submitted to the International Bureau or if the request to the receiving Office to prepare and transmit the priority document has not been made (and the corresponding fee, if any, paid) within the applicable time limit indicated under the preceding paragraphs, any designated State may disregard the priority claim, provided that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

Where several priorities are claimed, the priority date to be considered for the purposes of computing the 16-month time limit is the filing date of the earliest application whose priority is claimed.

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

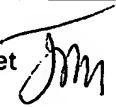
To:

DAIMLERCHRYSLER AG
Intellectual Property Management
FTP/M
Postfach 80 04 65
D-81663 München
ALLEMAGNE

Date of mailing (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)	
Applicant's or agent's file reference P609391/WO/1	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/DE00/02220	International filing date (day/month/year) 06 July 2000 (06.07.00)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 21 July 1999 (21.07.99)
Applicant DAIMLERCHRYSLER AG et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
21 July 1999 (21.07.99)	199 34 162.1	DE	21 Sept 2000 (21.09.00)

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland	Authorized officer Jocelyne Rey-Millet 
Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Telephone No. (41-22) 338.83.38



4 T

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

REC'D 03 OCT 2001



PCT

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P609391/WO/1	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02220	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 21/07/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G02B5/32		
Anmelder EADS DEUTSCHLAND GMBH ET AL		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.
 - ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).Diese Anlagen umfassen insgesamt 14 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 17/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 01.10.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Hornung, A Tel. Nr. +49 89 2399 2595 

I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

6-9,12,13,16,17 ursprüngliche Fassung

1-5,5a,10,11,14, eingegangen am 29/06/2001 mit Schreiben vom 26/06/2001
15

Patentansprüche, Nr.:

1-18 eingegangen am 29/06/2001 mit Schreiben vom 26/06/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/5-5/5 ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02220

Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

- ☐ die gesamte internationale Anmeldung.
- ☒ Ansprüche Nr. 18.

Begründung:

- ☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):
- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 18 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
siehe Beiblatt
- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.

2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:

- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.



☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt**

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt



Zu Punkt III

Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

Das in Vorrichtungsanspruch 18 definierte Merkmal: "die Einzelaufnahmen erfolgen durch Beleuchten des Bildschirms mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl", bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Bildschirmhologramms und nicht auf die Definition anhand seiner technischen Merkmale. Da einerseits dieses Merkmal wesentlich ist für die Definition des beanspruchten Verfahrens (siehe Punkt V), und andererseits nicht klar ist welche technischen Merkmale des Bildschirmhologramms an sich gemeint sind, kann die Gewährbarkeit des vorliegenden Anspruchs 18 gegenüber Artikel 33(2) und (3) nicht geprüft werden.

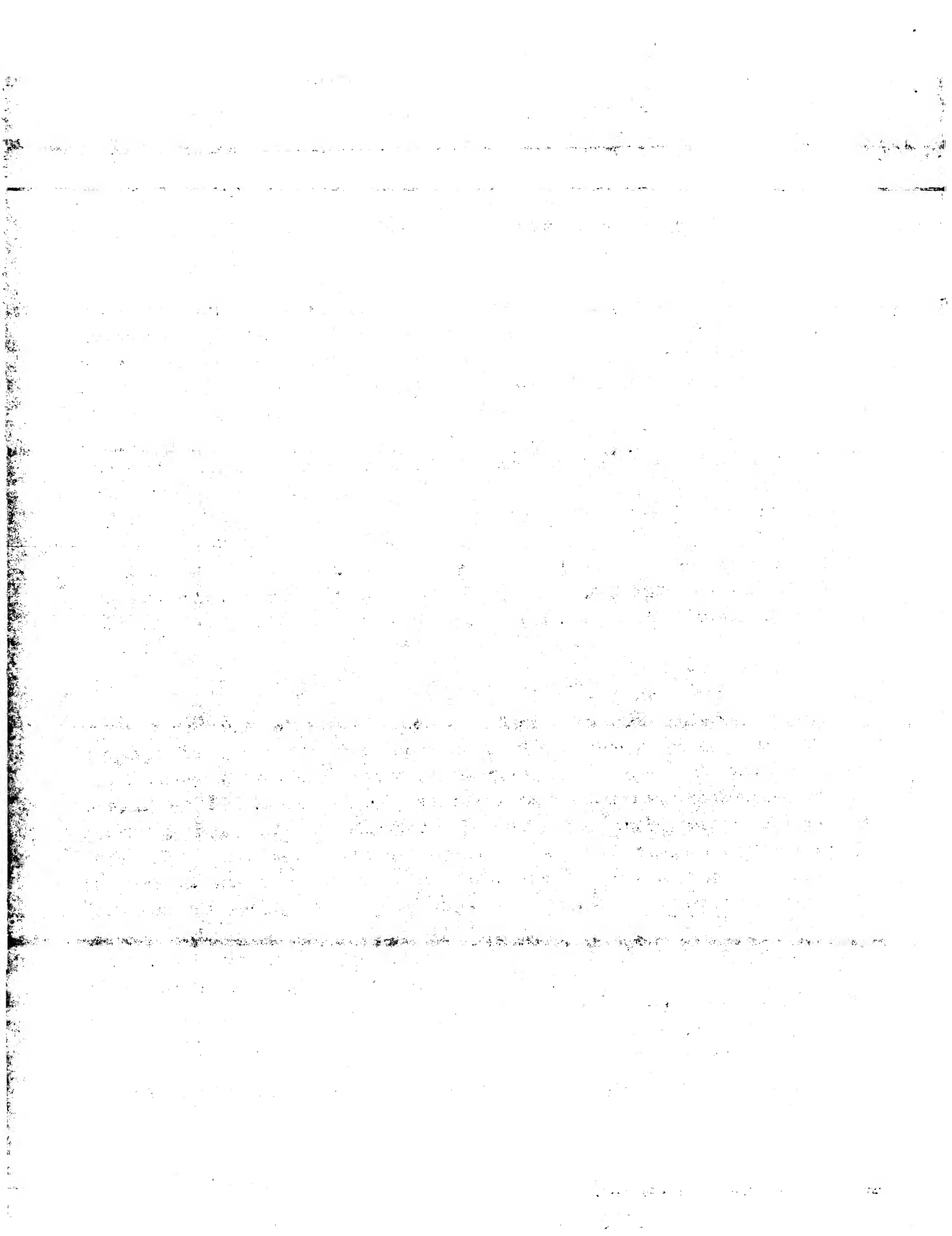
Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Stand der Technik.

Der nächstliegende Stand der Technik ist in D1 (= US 4,500,163) offenbart. In dieser Druckschrift (siehe Figuren 1 und 3) wird ein holografischer Projektionsbildschirm (18) beschrieben, der aus einer Vielzahl von Elementarhologrammen (20) besteht. Jedes Elementarhologramm ist die holografische Abbildung einer Streuplatte (28). Bei der Herstellung der Elementarhologramme, muß die Position des jeweiligen Elementarhologramms derjenigen angepaßt werden, die es in dem holografischen Projektionsbildschirm einnimmt (Spalte 3, Zeilen 23-26). Jedes Elementarhologramm kann entweder in einer Einzelaufnahme oder als ein Raster von kleinen "Pixel-Hologrammen anhand eines scannenden Projektionssystems" (Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 3) angefertigt werden.

D2 (= US 5,926,294) beschreibt in der Figur 16 ein Herstellungsverfahren eines holografischen Bildschirms anhand eines gepulsten Laserstrahls (siehe Laser (31) und shutter (33)). Dieser nicht-scannende Lichtstrahl wird auf eine Streuplatte fokussiert und beleuchtet durch eine Maske hindurch das holografische Aufnahmematerial (42, 43). Die



Scanfunktion wird durch die XY-Bewegung des holografischen Aufnahmematerials erreicht.

2. Neuheit.

Keine der im Recherchenbericht zitierten Druckschriften beschreibt ein Verfahren oder eine Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, das alle Merkmale der gegenwärtigen Ansprüche 1 und 14 enthält.

Insbesondere wird im Herstellungsverfahren von D1 kein gepulster Laserstrahl erwähnt. Das in D2 beschriebene Hologramm ist kein "holografischer Bildschirm" in dem Sinne, daß in D2 kein realer Bildschirm als Hologramm in einem Aufnahmematerial gespeichert wird. Der Lichtstrahl in D2 ist nicht gescannt

Soweit die Ansprüche zu verstehen sind (siehe Punkt VIII), ist somit der Gegenstand der gegenwärtigen unabhängigen Ansprüche 1 und 14, und ebenfalls der abhängigen Ansprüche 2-13 und 15-17, neu hinsichtlich den Anforderungen des Artikels 33(2) PCT.

3. Erfinderische Tätigkeit.

Die Lehre von D1 besteht hauptsächlich darin, ein Bildschirmhologramm aus einer Vielzahl von Elementarhologrammen herzustellen, so daß sich eine präzis definierte Beobachterpupille ergibt. Die Anfertigung dieser Elementarhologramme in Einzelaufnahmen wird in aller Ausführlichkeit beschrieben (Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 48; Figuren 3 und 4). Die beiläufige Bemerkung in D1, daß eine alternative Herstellungsmethode darin bestünde, jedes Elementarhologramm als ein Raster von kleinen "Pixel-Hologrammen anhand eines scannenden Projektionssystems" anzufertigen, erscheint ungenügend zu sein, um das in Anspruch 1 definierte Verfahren nahezulegen.

Wie bereits oben erwähnt, bezieht sich D2 nicht auf Bildschirmhologramme im Sinne der vorliegenden Anmeldung, so daß ein scannender Laserstrahl, der über die Streuplatte geführt wird, um Teilbereiche zu beleuchten und Elementarhologramme des Bildschirms herzustellen, nicht nahegelegt wird.

Soweit die Ansprüche zu verstehen sind (siehe Punkt VIII), ist somit der Gegenstand des

gegenwärtigen Anspruchs 1, als auch der abhängigen Ansprüche 2- 13, erfinderisch mit Bezug auf Artikel 33(3) PCT. Die gleiche Begründung gilt für die Ansprüche 14-17.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Die vorliegende Anmeldung entspricht nicht den Erfordernissen des Artikels 6 PCT, weil die Ansprüche 1 und 14 nicht klar sind.

1. Es geht nicht deutlich genug aus dem Wortlaut des Anspruchs 1 heraus, daß mit dem Begriff "Bildschirmhologramm" ein "holografisches Aufnahmematerial" gemeint ist, in dem "ein realer Bildschirm gespeichert ist und in dem die optischen Eigenschaften jedes Bildschirmpixels wiedergegeben sind" (Seite 7, Zeilen 18-20; Anspruch 18). Diese Klarstellung dient ebenfalls zur deutlicheren Abgrenzung zu dem aus D2 bekannten Hologramm.
2. Es geht nicht deutlich genug aus dem Wortlaut des Anspruchs 14 heraus, daß die Lichtquelle und die Scanvorrichtung so angeordnet sind, daß "das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, so daß sich durch Zusammensetzung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt" (siehe Wortlaut der vorliegenden Ansprüche 1 und 18).
3. Mit dem in den Ansprüchen 1 und 14 benutzten Ausdruck "schmalbandig" scheint das Merkmal "spektral schmalbandig" gemeint zu sein.
4. Die knappe und unpräzise Angabe in der Beschreibung auf Seite 17, Zeilen 22-27 erweckt den Eindruck, daß der Gegenstand, für den Schutz begehrt wird, nicht dem in den Ansprüchen definierten Gegenstand entspricht, und führt daher zur Unklarheit (Artikel 6 PCT), wenn die Beschreibung zur Auslegung der Ansprüche herangezogen wird (vgl. die PCT Richtlinien, III-4.3a). In der Tat ist unter einem "realen Bildschirm", wie in Anspruch 1 definiert, kein Spiegel zu verstehen.



V rfahren, Vorrichtung und Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, sowie Bildschirmhologramm

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, sowie ein Bildschirmhologramm, gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1, 16, 19 und 21.

- 10 Bildschirmhologramme, die als holografische Abbilder von reellen, weißen Bildschirmen oder Bildschirmleinwänden hergestellt und mit Lasern in den Grundfarben Rot Grün und Blau (rgb) aufgenommen werden, haben den Vorteil, daß sie nur in einem engen Spektralbereich um die Aufnahmewellenlänge und gleichzeitig nur innerhalb eines sehr begrenzten Projektionswinkels um die Einfallsrichtung des Referenzstrahles bei der vorhergehenden
- 15 Hologrammaufnahme wirksam sind. Die Funktionsweise solcher Schirme bzw. holografischer Bildschirme ist in den deutschen Patentanmeldungen Nr. 19700162.9 und Nr.19703592.2 ausführlich beschrieben.

- Als Lichtquellen für die Projektion können vor allem rgb-Laser im Dauerstrichbetrieb und
- 20 gepulstem Betrieb sowie rgb-Leuchtdioden verwendet werden. Der Bildaufbau kann wahlweise durch das serielle Scannen eines kollimierten Laserstrahles oder durch die Abbildung eines Bildmodulators im aufgeweiteten Strahl eines Lasers oder einer Leuchtdiode auf den Schirm durchgeführt werden. Holografische Bildschirme können sowohl für Aufprojektion als auch für Rückprojektion hergestellt werden. Wegen ihrer Wellenlängen- und
- 25 Richtungsselektivität können selbst in Tageslichtumgebung helle, kontrastreiche und farbtreue Bilder auf Bildschirmhologramme projiziert werden. Der Projektor mit den schmalbandigen Lichtquellen wird an den Strahlursprung des divergenten Referenzstrahles platziert. Nur von dort aus wird das Projektionslicht effizient aus dem Hologramm zum Zuschauer herausgebeugt, wobei z.B. das diffuse, breitbandige Umgebungslicht aus allen
- 30 anderen Einfallsrichtungen das Bildschirmhologramm ungehindert durchqueren kann.

In dem US-Patent.Nr. 4.500.163 ist z. B. ein holografischer Projektionsschirm offenbart, der eine Anordnung von Teilschirmflächen aufweist. Jede Teilschirmfläche wird durch ein

Hologramm gebildet, bei dessen Aufnahme ein Diffuser als Objekt mittels eines Objektivstrahls und eines Referenzstrahls in einer Photoplatte holografisch abgebildet wird. Damit soll für großflächige, halbrunde Projektionsschirme eine specklefreie Abbildung möglich
5 werden.

Das US Patent 5,926,294 zeigt ebenfalls die Herstellung eines Hologrammelements, in dem eine Diffuserplatte als Objektiv holografisch abgebildet ist. Die Hologrammelemente werden zu einem Projektionsschirm zusammengesetzt.

10

Für die Wiedergabe bzw. die Projektion von Bildern auf Bildschirmhologramme werden z.B. rgb-Laser verwendet, wie sie in „RGB Optical Parametric Oscillator Source“, K. Snell et al, Aerosense 99 und in den Patentschriften DE 195 04 047 und DE 44 32 029 beschrieben werden.

15

Die möglichen Anwendungen von Bildschirmhologrammen erstrecken sich über das weite Gebiet von kleinen Displays, z.B. für nur eine einzige Person in Fahrzeugen und Flugzeugen oder an Arbeitsplätzen im Büro, bis zu Großflächenschirmen für mehrere Zuschauer bei
Veranstaltungen.

20

Die kleineren Displays können mit frequenzstabilen rgb-Dauerstrichlasern aufgenommen werden. Nachteilhaft sind dabei die hohen Anforderungen an die Stabilität des Lasers und des Strahlenganges und der damit verbundene große Aufwand, der mit hohen Kosten verbunden ist.

25

Eine Bilddarstellung auf großen Bildschirmhologramme, die unabhängig vom Umgebungslicht ist, wäre z.B. für verschiedenste Anwendungen im Heim- und Bürobereich, für Fernsehen, Computer, elektronisches Kino und für Vorführungen in Vortragssälen, Kino und im Freilufttheater sehr attraktiv. Jedoch bereitet die Herstellung von größeren Bildschirmen,
30 z.B. in der Größe von Schreibmaschinenpapier (DINA4) oder größer, erhebliche technische Schwierigkeiten.

Erstens ist die Ausgangsleistung der stärksten Dauerstrichlaser für die Hologrammaufnahmen heute nur auf einige Watt limitiert, was bei Belichtung der besonders geeigneten Silberhalogenid- und Photopolymaterialien ab 1 m^2 Größe eine Belichtungszeit von mehreren zehn Minuten erfordert. Für diese langen Belichtungszeiten sind die Anforderungen an die mechanische und thermische Stabilität des Materials, an die optischen Komponenten des Strahlengangs und an die Frequenzstabilität des Lasers besonders hoch.

Zweitens muß der Objekt- und Referenzstrahl bei der Hologrammaufnahme auf Kosten der Lichtleistung über die Größe des Bildschirms und des Hologramms aufgeweitet werden, denn die radiale Intensitätsverteilung ist über den Laserstrahl nicht konstant, sondern folgt einer Gaußverteilung, die eine starke Aufweitung notwendig macht um eine möglichst homogene Beleuchtung über die Fläche der Hologramme zu erzielen. Wenn zur Schaffung eines großen Bildschirmhologramms mehrere Bildschirmhologramme aneinandergesetzt werden, ist der Intensitätsabfall zu den Rändern der einzelnen belichteten Hologramme besonders störend, weil dann ein periodisches Schattenmuster den ganzen Bildschirm bei der Projektion durchzieht.

Drittens bereitet die Einbelichtung von den drei rgb-Farben dreier Laser in das gleiche Hologramm Schwierigkeiten, da eine gleichmäßige Belichtung aller drei Laser über eine größere Fläche kaum erzielt werden kann. Da die Wellenlängen der Laser deutlich unterschiedlich sind, ergeben sich Unterschiede in der Strahltransmission durch Brechung, Beugung und Streuung an verschiedenen Stellen des gesamten Strahlenganges, was zu ungleichmäßiger Farbdarstellung führt und bei einer Abbildung über eine ausgedehnte Fläche nur schwer zu beheben ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zu schaffen, das die einfache Herstellung sowohl kleiner als auch großflächiger Bildschirmhologramme hoher Qualität ermöglicht. Weiterhin soll ein Bildschirmhologramm geschaffen werden, das auch großflächig realisierbar ist, ohne daß die Bildqualität bei der Projektion darunter leidet.



Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 14 sowie durch das Bildschirmhologramm gemäß Patentanspruch 18. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und
5 Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein realer Bildschirm mit schmalbandigem Licht beleuchtet um ein Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Viel-
10 zahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms beleuchtet wird, so dass sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt. Die Beleuchtung erfolgt mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl. Dadurch sind jeweils nur sehr kurze Belichtungszeiten möglich, so dass Störungen bei der Belich-
15 tung z. B. durch Erschütterungen oder andere Instabilitäten vermieden werden. Weiterhin ergeben sich keine Intensitätsverminderungen am Rand oder periodische Schattenmuster. Eine gleichmäßige Farbdarstellung auf großen Flächen wird möglich.

Die Pulsdauer ist z. B. derart bemessen, dass die Bewegung des Laserstrahls über den
20 Bildschirm keinen Einfluss auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm hat. Bevorzugt entsprechen die aufgenommenen Teilbereiche des Bildschirms der Größe von Bildpixeln oder größer. Insbesondere kann die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten Festkörperdauerstrichlaser erfolgen.

25 Bevorzugt erfolgt eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der Wellenlängenbereiche rot, grün, blau. Beispielsweise wird ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenhologramm erzeugt. Auch kann ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt werden. Bevorzugt werden Laserstrahlen mit einer Kohärenzlänge erzeugt, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl.
30 Scangeschwindigkeit und Pulsdauer sind z.B. so aufeinander abgestimmt, daß die Bewegung des Laserstrahls während eines Pulses kleiner als $1/10$ der Wellenlänge ist.

Vorzugsweise erfolgt ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl. Die Verteilung der Belichtung kann gemessen werden, um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren. Auch können
5 mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen durchgeführt werden, um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm zu erzeugen. Weiterhin können mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern, wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls, durchgeführt werden. Bevorzugt erfolgt die Belichtung
10 gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen der Grundfarben rot, grün, blau, die auf einer Strahlachse coaxial justiert sind.

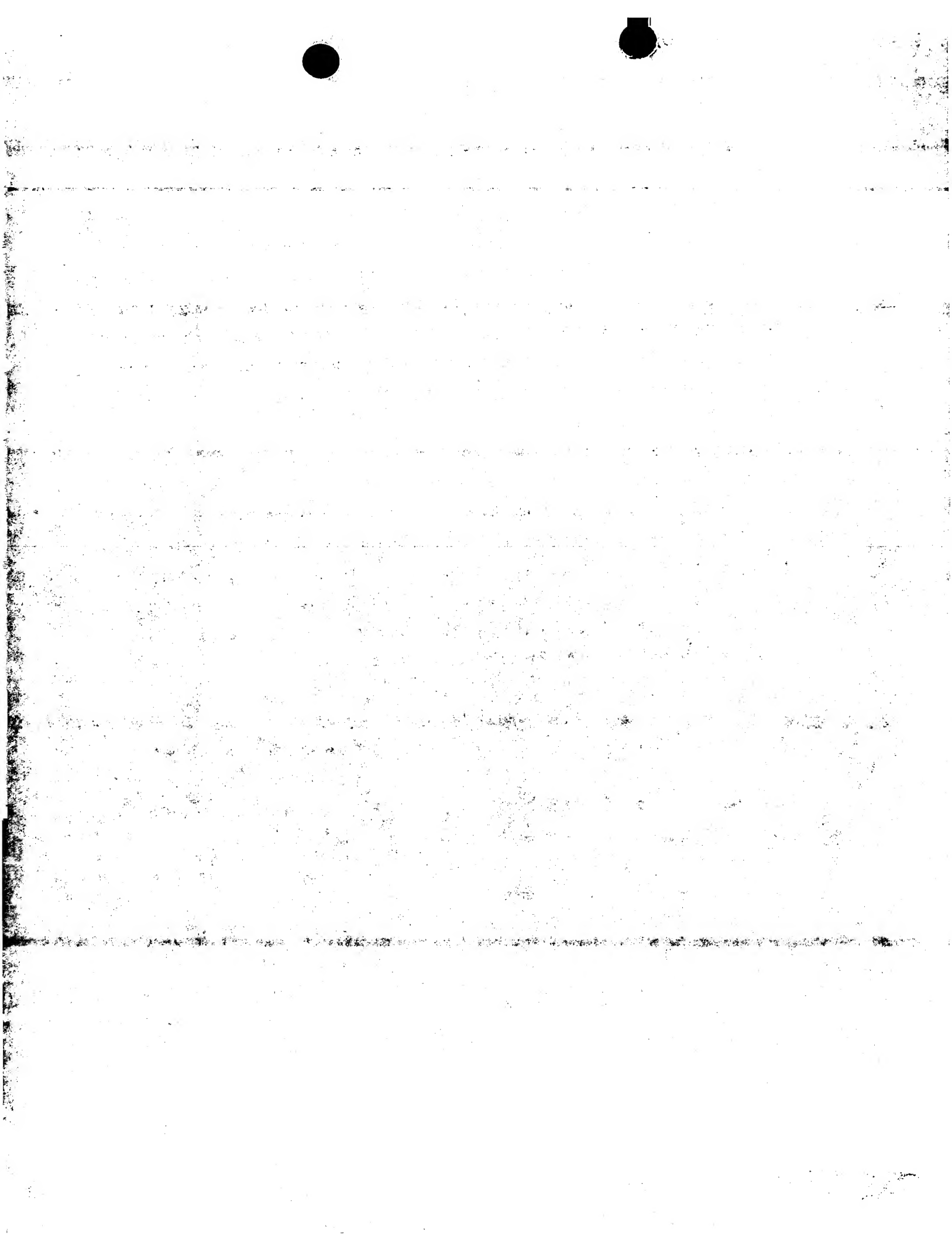
Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen hat eine schmalbandigen Lichtquelle zur Beleuchtung eines realen Bildschirms, die z.B. so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen, wobei weiterhin eine Scanvorrichtung zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm vorgesehen ist, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Dadurch können auch großflächige Bildschirmhologramme hoher Qualität einfach hergestellt werden.
20

Die Lichtquelle erzeugt vorzugsweise gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung. Die Lichtquelle umfaßt insbesondere ein Lasersystem, wie es nachfolgend beschrieben wird.

Das verwendete Lasersystem zur Herstellung von RGB-Strahlen ist insbesondere für die
25 Herstellung von Bildschirmhologrammen geeignet und umfaßt:
eine Laserstrahlquelle zur Erzeugung von Laserstrahlung,
eine Frequenzkonversionseinrichtung, und
einen optisch-parametrischen Oszillator, wobei die die Laserstrahlquelle einen gepulsten, q-geschalteten Laser-Oszillator umfaßt.

30

Mit diesem Lasersystem können großflächige Bildschirmhologramme zur Farbprojektion mit hoher Bildqualität auf einfache Weise erzeugt werden.



5a

Bevorzugt ist der q-geschaltete Laser-Oszillator ein Einfrequenz IR-Oszillator. Die Laserstrahlquelle hat z.B. einen Laserverstärker, der dem q-geschalteten Laseroszillator nachgeschaltet ist. Das erfindungsgemäße Bildschirmhologramm hat ein holografisches Aufnahmema-

5 nahmematerial, in dem ein realer Bildschirm als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen ergibt. Dadurch ergibt sich eine hohe Qualität bei der Bildwiedergabe, selbst bei einer

10 großflächigen Realisierung des Bildschirmhologramms.

Bevorzugt ist das Bildschirmhologramm nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt.

15 Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben, in denen

20

25

30



Verlegung mehrere Hologramme nebeneinander, durch mehrmaliges Abscannen der gleichen Fläche mit phasenverschobenem Scanstrahl, bzw. durch Regelung der Pulsleistung, ausgeglichen werden. Hier nutzt die Erfindung z.T. die Eigenschaft von Hologrammaufnahmen aus, daß in einem einzigen Hologramm mehrere Objektbelichtungen überlappend und unabhängig voneinander gespeichert werden können.

Damit dieser Belichtungsvorgang automatisch ablaufen kann, wird in einer nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung die Verteilung der Belichtung durch einen kalibrier-
ten Rückstreuungssensor, der im Strahlengang des Beleuchtungslasers coaxial zum gepulsten Belichtungsstrahl angeordnet ist, überwacht. Alternativ dazu können Überwachungskameras die Laserbeleuchtung über die gesamte Hologrammfläche ständig vermessen. Das damit gewonnene Belichtungsmuster kann von einem Mikroprozessor, bzw. Computer gespeichert und bei nachfolgenden nochmaligen Scanzyklen über die gesamte Hologrammfläche durch Regelung der Laserlichtintensität und Flächenverteilung der Scanfigur zur nachträglichen Korrektur der Belichtung der vorhergehenden Belichtungsmuster verwendet werden.

Nach dem Entwicklungsprozess sind die optischen Eigenschaften des Bildschirms in dem Hologramm 12 gespeichert. Vorzugsweise werden sogenannte dicke Hologramme (10 - 20 μm) verwendet, z.B. aus Photopolymer, Dichromatgelatine oder Silber-Halogenid Materialien. Dicke Hologramme haben gegenüber dünnen Hologrammen den Vorteil, daß sie besonders selektiv Licht mit der gleichen Wellenlänge wie bei der Aufnahme herausbeugen, und zwar nur dann, wenn der Einfallswinkel des Rekonstruktionsstrahles der gleiche ist wie der Einfallswinkel des Referenzstrahles bei der Aufnahme.

Die optimale akkumulierte Belichtung der Hologramme ist für jedes Material und für jede Wellenlänge verschieden, z.B. liegt sie für Photopolymermaterialien bei etwa 25 mJ/cm^2 ,
d.h. zur Belichtung von 1 m^2 mit einem Laser 1 W mittlerer Leistung würden 250 Sekunden oder etwa 4 Minuten benötigt. Bei Silberhalogenidfilmen ist nur eine Belichtung von etwa 0,5 mJ/cm^2 notwendig, wodurch die Belichtungszeit entsprechend gekürzt werden kann.

Bildebenenhologramme sind Aufnahmen von mit Linsen oder Spiegeln abgebildeten Schirmen, die in der Hologrammebene liegen. Der Abstrahlwinkel dieser Hologramme, kann durch die Abbildungsgeometrie erheblich eingengt werden, mit einer entsprechenden
5 Zunahme der Helligkeit des Bildes, was für viele Anwendungen von großem Vorteil ist.

Fig. 3 zeigt eine Aufnahme eines Kontakthologrammes von einem Bildschirm 31 als Transmissionshologramm 32. Hier ist es notwendig, daß ein Referenzstrahlenbündel 33, dessen Strahlengang mit dem Projektionsstrahl bei der späteren Bildwiedergabe zusammenfällt, als konvergentes Teilstrahlenbündel eines gepulsten Lasers 39 auf das Holo-
10 gramm 32 fällt. Die Interferenzstrukturen, die sich dann im Hologramm 32 durch die Überlagerung von Streulichtes 30 aus dem Schirm 31 mit dem Referenzstrahlbündel 33 ausbilden, entsprechen dann einer Bildwiedergabe in Rückprojektion aus dem Schnitt- bzw Projektionspunkt 36, d.h. der Verlängerung des Strahlenbündels 33. Bei der Projektion
15 steht der Betrachter dann gegenüber dem späteren Projektionspunkt 36 auf der entgegengesetzten Seite des Hologramms 12. Die Herstellung eines konvergenten Strahlenbündels aus einem Zweiachsen-Scanner 34 und 35 läßt sich am einfachsten über einen langbrennweitigen Spiegel 37 herstellen, der den Quellenpunkt des Scanners 38 in den Schnittpunkt 36 abbildet. Das Hologramm 32 und der reelle Bildschirm 31 sind dann in
20 einer Schnittebene dieses Strahlenganges des Teilstrahlenbündels 33 plziert.

Fig. 4 zeigt eine Aufnahme eines Transmissionshologramms als Bildebenenhologramm für die Rückprojektion. Hier wird ein reeller Bildschirm 41 mit Hilfe einer Linse 46 auf ein Hologramm 42 abgebildet. Gleichzeitig fällt ein Referenzstrahlbündel 43 von der anderen
25 Seite auf das Hologramm 42. Die beiden Scanner mit x-y-Scannerspiegeln 47 und 48 bzw. 47' und 48' werden so synchronisiert, daß die beiden Beleuchtungsflecken des Referenzstrahlbündels 43 und der beleuchteten Fläche 40 des reellen Schirms im Hologramm 41 synchron überlagert werden. Die Beleuchtungsstrahlen für den reellen Schirm 42 und für das Referenzstrahlbündel 43 werden mittels Teilerspiegel 44 und Umlenkspiegel 44' aus
30 dem gemeinsamen Laser 49 geteilt und umgelenkt.

Fig. 5 zeigt eine Aufnahme eines Bildebenenhologramms als Reflexionshologramm für die spätere Aufprojektion. Dabei wird ein reeller Schirm 51 in eine Hologrammebene 52 mit

Summenfrequenzbildung. Der Oszillator 61 ist ein q-geschalteter Nd:YAG im longitudinalen Einmodenbetrieb. Der Laserverstärker 62 ist eine Nd:YAG oder Nd:YVO Verstärkerkette.

Weiterhin ist ein Frequenzverdopplerkristall 63 vorgesehen, sowie Strahlteiler 64, 64' zur

- 5 Trennung der fundamentalen Strahlung des Primärlasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ von der frequenzverdoppelten grünen Strahlung $\lambda_g = 0,53 \mu\text{m}$. Der optisch-parametrische-Oszillator 65 wird mit dem grünen Strahl λ_g gepumpt und so eingestellt, daß er zwei signal- und idler Strahlen (λ_s bzw. λ_i) generiert, die eine geeignete Wellenlänge für eine anschließende Summenfrequenzbildung in Summenfrequenzgeneratoren 66, 67 aufweisen. Die Wellenlängen λ_s und
- 10 λ_i sind dabei so gewählt, daß die Summenfrequenzbildung mit den Strahlen der fundamentalen Wellenlänge des Lasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ (bzw. $1,04 \mu\text{m}$), die nach der Frequenzverdopplung übrig bleibt, zu geeigneten Wellenlängen von Rot und Blau führt. Die Farbe Grün wird dagegen als Teil der frequenzverdoppelten Strahlung des Primärlaser über Abspaltung durch den einfachen Strahlteiler 64, 64' übernommen.

15

- Der vorgeschlagene schnell gepulste q-geschaltete Laser 61 ist ein Dauerstrichlaseroszillator mit nur einer longitudinalen Grundmode, die in einem gepulsten Betrieb des Resonators betrieben wird. Ein Laser dieser Art ist z.B. ein diodengepumpter Festkörper-Micro-Chip-Laser wie z.B. Nd:YAG bei der Laserwellenlänge $1,06 \mu\text{m}$ mit einem so kurzen Resonator, daß er nur auf einer longitudinalen Mode anschwingt. Mit einem internen passiven Güteschalter, z.B. aus dem bekannten Cr^{4+} :YAG-Material, kann er durch die Dotierung mit Cr^{4+} -Ionen z.B. auf 20 kHz Pulsfrequenz mit einer Pulsdauer von 10 ns eingestellt werden.
- 20

- Die IR-Emission des Lasers 61 wird nun in dem nachfolgendem Verstärker 62, z.B. mit dem Kristall Nd:YAG oder Nd:YVO₄, um ein Faktor 10-100 hochverstärkt, ohne daß störende höhere longitudinale Moden entstehen, auch bei Beibehaltung der guten Strahlqualität des Oszillators. Nach der Verstärkung wird der gepulste Strahl dann noch bis zu der erwünschten grünen Wellenlänge 532 nm frequenzverdoppelt, was hier in einem KTP-Kristall 63 geschieht. Nach der Frequenzverdopplung, die mit einer Effizienz von etwa 30% geschieht, bleibt ein Teil der Primärstrahlung mit einer Wellenlänge von $1,06 \mu\text{m}$ für die
- 25
- 30 weitere Verwendung in anschließenden Stufen übrig.

Eine zweite Möglichkeit ist die Verwendung von passiv gütegeschalteten Nd:YAG - Ringlasern mit gleichem Cr^{4+} -YAG-Güteschalter, ähnlicher Pulswiederholfrequenz, aber besserer

5 Frequenzstabilität und höhere mittlere Leistung. Mit anschließenden Verstärkerstufen wie im vorigen Fall kann eine mittlere Leistung von 10-30 W in einer longitudinalen Mode erzeugt werden

Eine Möglichkeit liegt in der Verwendung eines mit einem akusto-optischen Schalter aktiv-gütegeschalteten Laser mit internem Etalon zur Einstellung eines Eimodenbetriebes, was

10 aber gegenüber dem zweiten Verfahren etwas aufwendiger ist.

Q-geschaltete Dauerstrichlaser der hier beschriebenen Art haben eine Pulswiederholfrequenz von 10-20 kHz, eine Pulsbreite von 5-20 ns und eine Frequenzbandbreite der Laser-

15 emission unter 100 MHz. Sie können mit einer Verstärkerstufe so ausgelegt werden daß nach der Frequenzverdopplung 1 W grüne Emission entsteht, und mit zwei oder drei Stufen bis 10 W grüne Strahlung und 30 W infrarote Strahlung im Mittel generiert wird. Nach der Konversion im optisch-parametrischen-Oszillator 65 und weiterer Frequenzverdopplung bzw. Summenfrequenzbildung können dann alle rgb-Strahlen mit einer mittleren Leistung

20 von einigen Watt hergestellt werden. Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist auch, daß die Farben Blau und Rot durch Einstellung der Wellenlängen der Idler- und Signalwellenlänge λ_s , λ_i im optisch-parametrischem-Oszillator 65 zur Anpassung an die Wellenlänge der späteren Bildprojektionslaser kontinuierlich verschoben werden können.

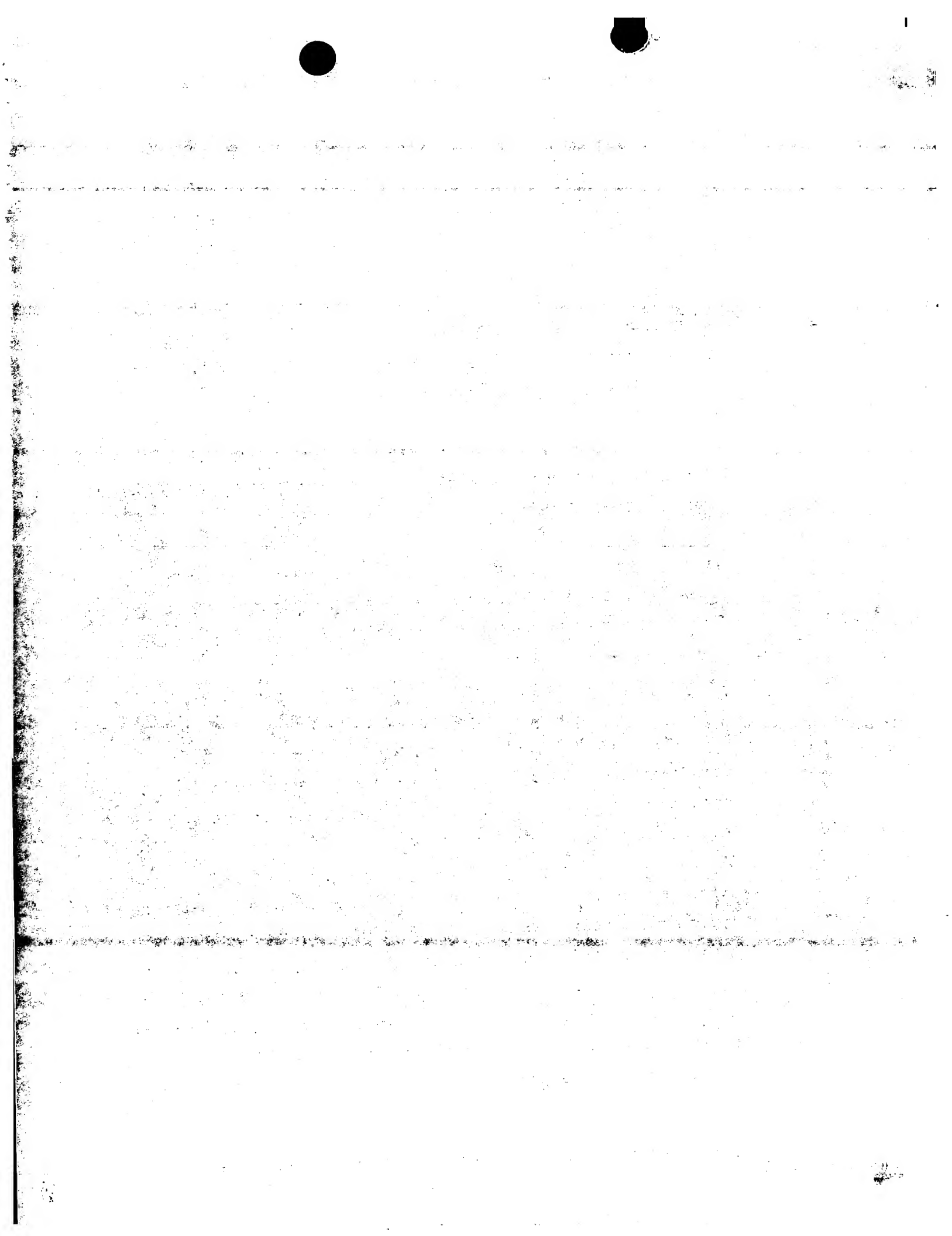
25 Mit den charakteristischen Laserdaten sind solche Lasersysteme für die Aufnahme der Bildschirmhologramme besonders gut geeignet. Beträgt z.B. die Pulsdauer des Lasers 10 ns und die Scangeschwindigkeit 5 m/sec, dann bewegt sich der Strahl während dieser Pulsdauer lateral um 5×10^{-8} m, was $1/10$ der Wellenlänge bei z.B. 500 nm entspricht. Diese kleine Verrückung hat keinen bemerkbaren Einfluß auf die Güte des Interferenzmus-

30 ters in dem Hologramm haben. Wäre die Pulsfrequenz z.B. 20 kHz, würde sich der Strahl von Puls zu Puls bei dieser Scangeschwindigkeit um $1/4$ mm fortbewegen. Die Kohärenzlänge eines $\Delta t = 10$ ns Einmoden Pulses beträgt etwa $\Delta t \cdot c = 3$ m, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Differenz der Laufwege des Objekt- und Referenzstrahles darf

Geänderte Patentansprüche 1 bis 18

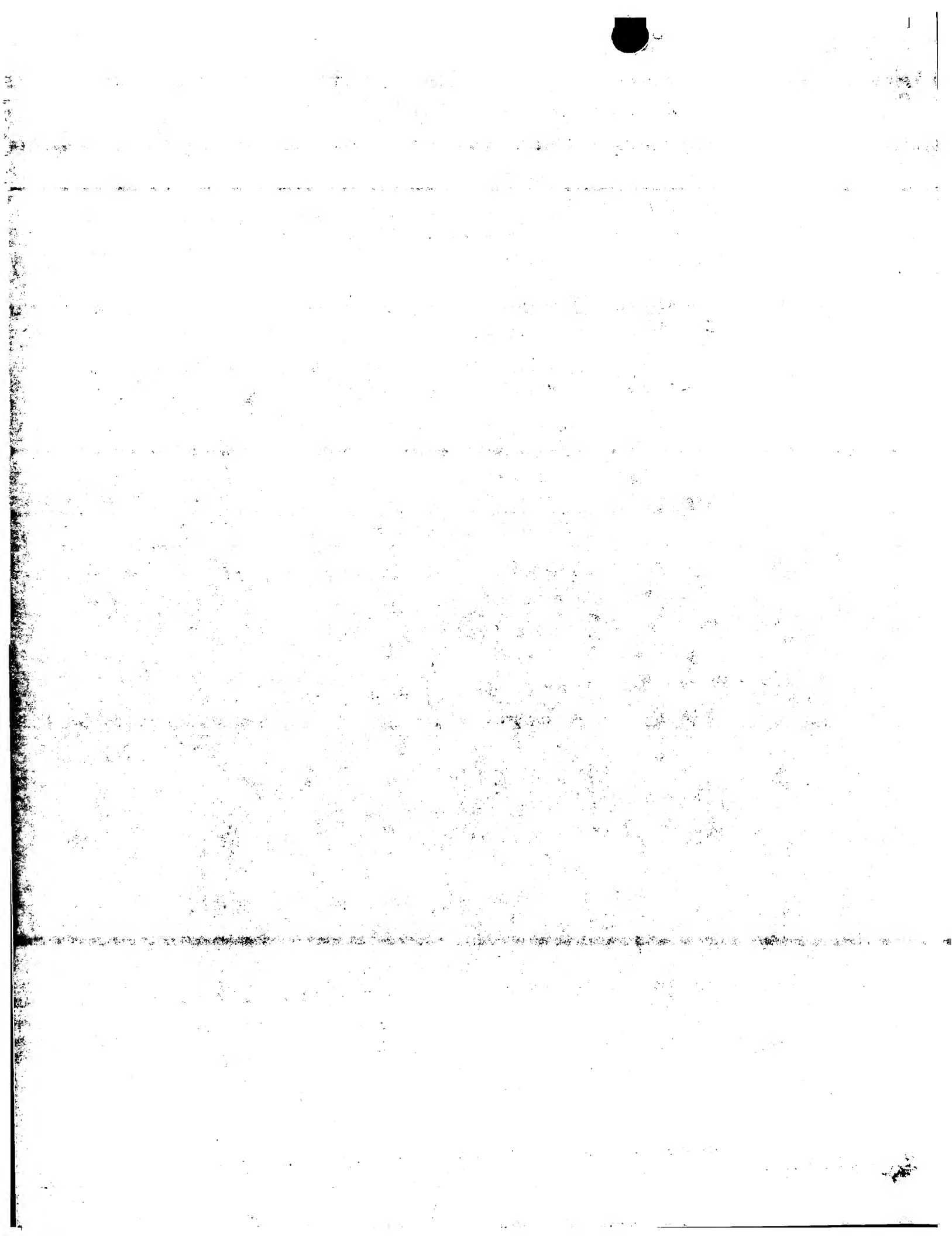
1. Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, bei dem ein realer
Bildschirm (11; 31; 41; 51) mit schmalbandigem Licht beleuchtet wird um ein
5 Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Vielzahl von
Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich (11a) des
realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) beleuchtet wird, so daß sich durch
Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das
Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt,
10 dadurch gekennzeichnet,
daß die Beleuchtung des Bildschirms (11; 31; 41; 51) mit einem spannenden,
gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsdauer derart
15 bemessen ist, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) über den
Bildschirm (11; 31; 41; 51) keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im
Hologramm hat.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
20 gekennzeichnet, daß die aufgenommenen Teilbereiche (11a) des Bildschirms (11;
31; 41; 51) mindestens der Größe von Bildpixeln entsprechen.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, daß die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten
Festkörperlaser (16) erfolgt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
30 gekennzeichnet, daß eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der
Wellenlängenbereiche rot, grün, blau erfolgt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenenhologramm
erzeugt wird.

- 5 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) mit einer Kohärenzlänge erzeugt werden, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl.
- 10 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Scangeschwindigkeit und Pulsdauer so aufeinander abgestimmt sind, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) während eines Pulses kleiner ist als $1/10$ der Wellenlänge.
- 15 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt
- 20 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung der Belichtung im Hologramm gemessen wird um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren.
- 25 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) durchgeführt werden um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm (12; 32; 42; 52) zu erzeugen.
- 30 12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls durchgeführt werden.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) der Grundfarben rot, grün, blau erfolgt, die auf einer Strahlachse

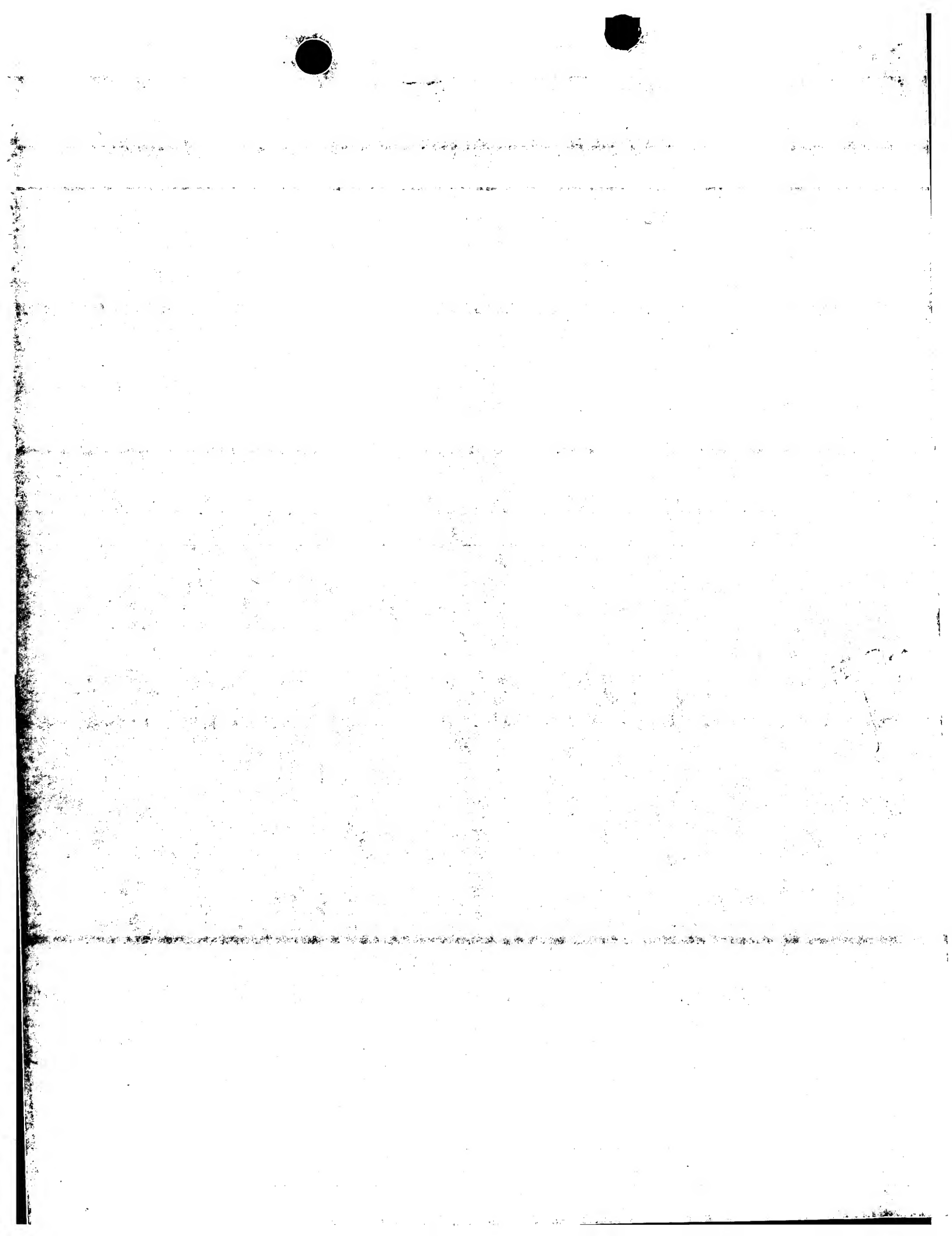


koaxial justiert sind.

14. Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, mit einer schmalbandigen Lichtquelle (16; 39; 49; 59; 60) zur Beleuchtung eines realen Bildschirms (11; 31; 41; 51), die so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht (17; 30; 40; 50) mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen, gekennzeichnet durch eine Scanvorrichtung (14, 15; 34, 35; 47, 48, 47', 48'; 57, 58) zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung erzeugt.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) ein Lasersystem umfaßt, mit einer Laserstrahlquelle (61, 62), die einen gepulsten, q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laser-Oszillator (61) umfaßt, einer Frequenzkonversionseinrichtung (63), und einem optisch-parametrischen Oszillator (65).
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlquelle einen Laserverstärker (62) umfaßt, der dem q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laseroszillator (61) nachgeschaltet ist.
18. Bildschirmhologramm mit einem holografischen Aufnahmematerial (12; 32; 42; 52), in dem ein realer Bildschirm (11; 31; 41; 51) als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen (11a) ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß



die Einzelaufnahmen durch Beleuchten des Bildschirms (11; 31; 41; 51) mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgen.



Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:

EADS DEUTSCHLAND GMBH
Patentabteilung FTP
Postfach 80 11 09
D-81663 München
ALLEMAGNE

PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN
PRÜFUNGSBERICHTS
(Regel 71.1 PCT)

Eing.

MÜLL 01.10.2001

Z. Eingangs

WILL

Frist

Absendedatum

(Tag/Monat/Jahr)

01.10.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts

P609391/WO/1

WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE00/02220

Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr)

06/07/2000

Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)

21/07/1999

Anmelder

EADS DEUTSCHLAND GMBH ET AL

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.
4. **ERINNERUNG**

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung
beauftragten Behörde



Europäisches Patentamt
D-80298 München
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Andreatta, R

Tel. +49 89 2399-7581



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts P609391/WO/1	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE00/02220	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 06/07/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 21/07/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G02B5/32		
Anmelder EADS DEUTSCHLAND GMBH ET AL		



1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

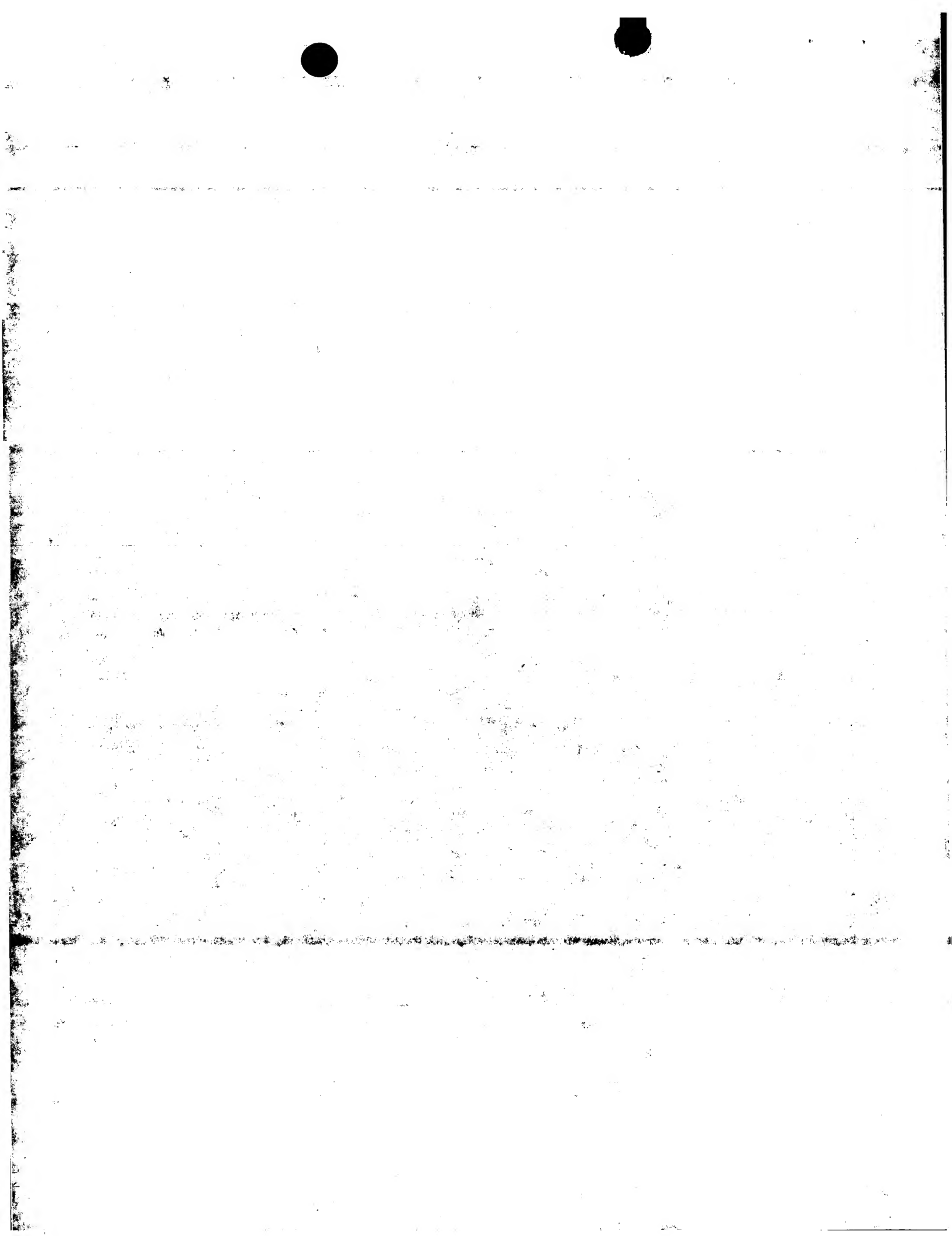
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

Diese Anlagen umfassen insgesamt 14 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☒ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags 17/02/2001	Datum der Fertigstellung dieses Berichts 01.10.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:  Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter Hornung, A Tel. Nr. +49 89 2399 2595 



I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):
Beschreibung, Seiten:

6-9,12,13,16,17 ursprüngliche Fassung

1-5,5a,10,11,14, eingegangen am 29/06/2001 mit Schreiben vom 26/06/2001
15

Patentansprüche, Nr.:

1-18 eingegangen am 29/06/2001 mit Schreiben vom 26/06/2001

Zeichnungen, Blätter:

1/5-5/5 ursprüngliche Fassung

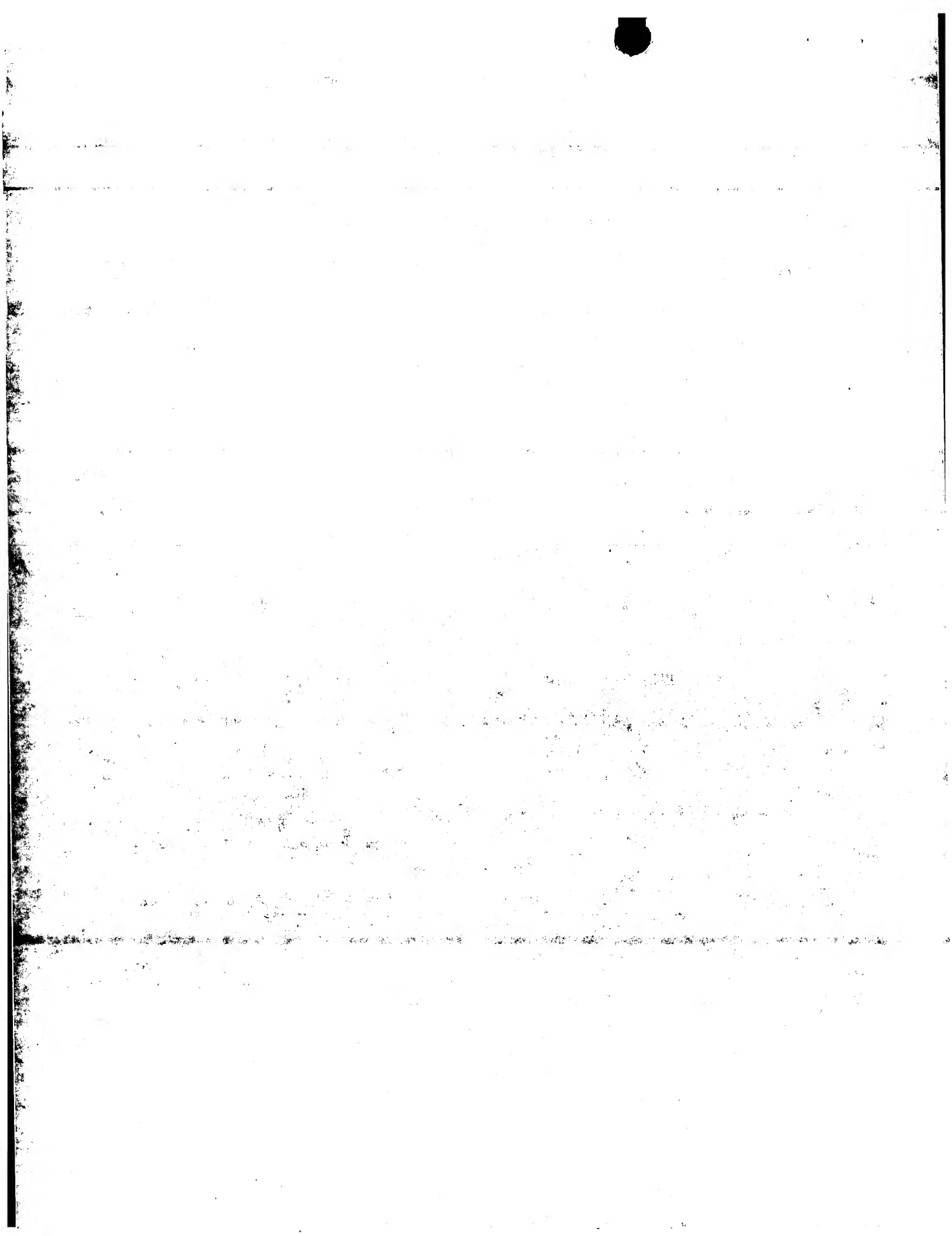
2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen



Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

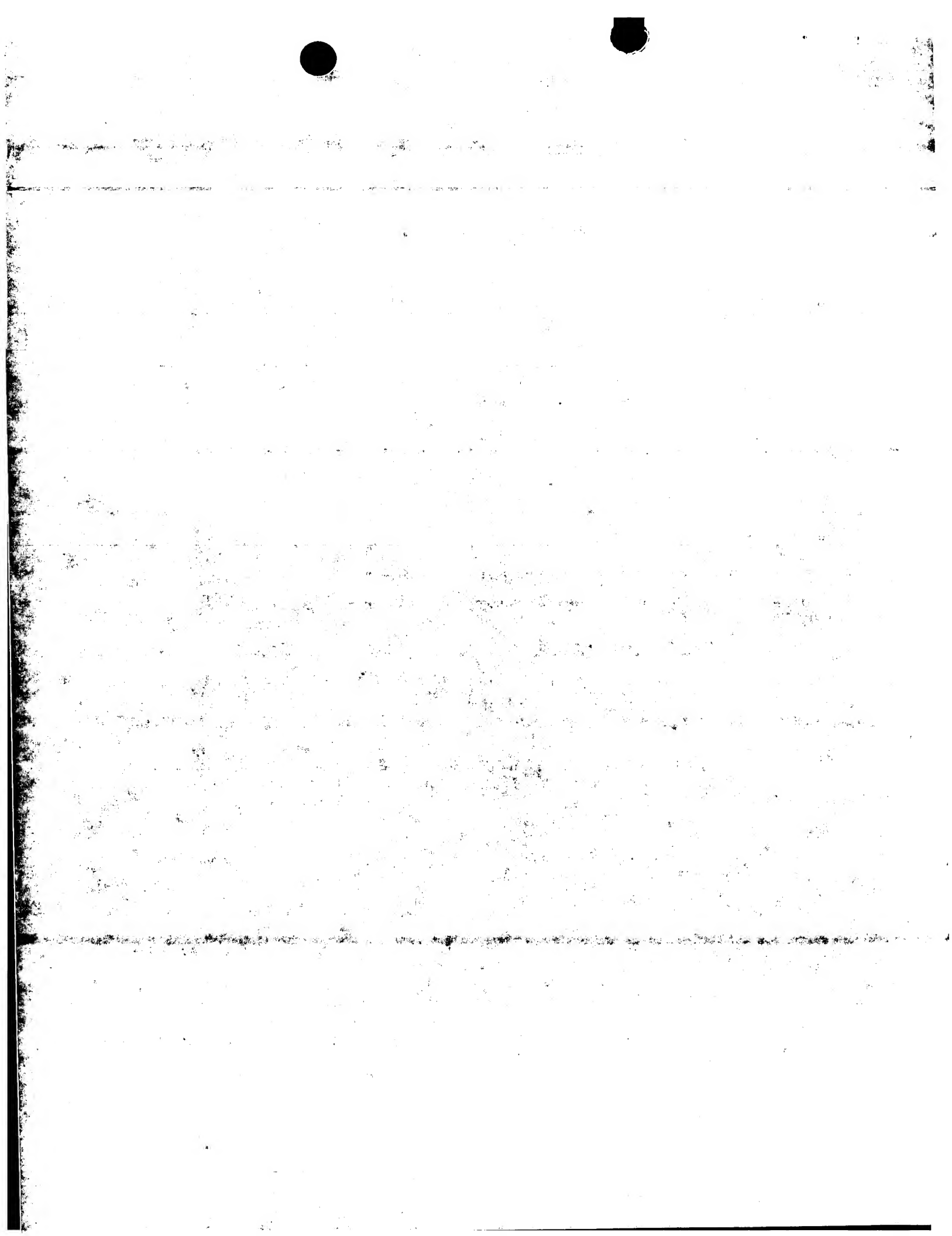
- ☐ die gesamte internationale Anmeldung.
- ☒ Ansprüche Nr. 18.

Begründung:

- ☐ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):
- ☒ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. 18 sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
siehe Beiblatt
- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.

2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:

- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.



☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-17
	Nein: Ansprüche	

**2. Unterlagen und Erklärungen
siehe Beiblatt**

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Zu Punkt III

Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

Das in Vorrichtungsanspruch 18 definierte Merkmal: "die Einzelaufnahmen erfolgen durch Beleuchten des Bildschirms mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl", bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Bildschirmhologramms und nicht auf die Definition anhand seiner technischen Merkmale. Da einerseits dieses Merkmal wesentlich ist für die Definition des beanspruchten Verfahrens (siehe Punkt V), und andererseits nicht klar ist welche technischen Merkmale des Bildschirmhologramms an sich gemeint sind, kann die Gewährbarkeit des vorliegenden Anspruchs 18 gegenüber Artikel 33(2) und (3) nicht geprüft werden.

Zu Punkt V

Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Stand der Technik.

Der nächstliegende Stand der Technik ist in D1 (= US 4,500,163) offenbart. In dieser Druckschrift (siehe Figuren 1 und 3) wird ein holografischer Projektionsbildschirm (18) beschrieben, der aus einer Vielzahl von Elementarhologrammen (20) besteht. Jedes Elementarhologramm ist die holografische Abbildung einer Streuplatte (28). Bei der Herstellung der Elementarhologramme, muß die Position des jeweiligen Elementarhologramms derjenigen angepaßt werden, die es in dem holografischen Projektionsbildschirm einnimmt (Spalte 3, Zeilen 23-26). Jedes Elementarhologramm kann entweder in einer Einzelaufnahme oder als ein Raster von kleinen "Pixel-Hologrammen anhand eines scannenden Projektionssystems" (Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 5, Zeile 3) angefertigt werden.

D2 (= US 5,926,294) beschreibt in der Figur 16 ein Herstellungsverfahren eines holografischen Bildschirms anhand eines gepulsten Laserstrahls (siehe Laser (31) und shutter (33)). Dieser nicht-scannende Lichtstrahl wird auf eine Streuplatte fokussiert und beleuchtet durch eine Maske hindurch das holografische Aufnahmematerial (42, 43). Die

Scanfunktion wird durch die XY-Bewegung des holografischen Aufnahmematerials erreicht.

2. Neuheit.

Keine der im Recherchenbericht zitierten Druckschriften beschreibt ein Verfahren oder eine Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, das alle Merkmale der gegenwärtigen Ansprüche 1 und 14 enthält.

Insbesondere wird im Herstellungsverfahren von D1 kein gepulster Laserstrahl erwähnt. Das in D2 beschriebene Hologramm ist kein "holografischer Bildschirm" in dem Sinne, daß in D2 kein realer Bildschirm als Hologramm in einem Aufnahmematerial gespeichert wird. Der Lichtstrahl in D2 ist nicht gescannt

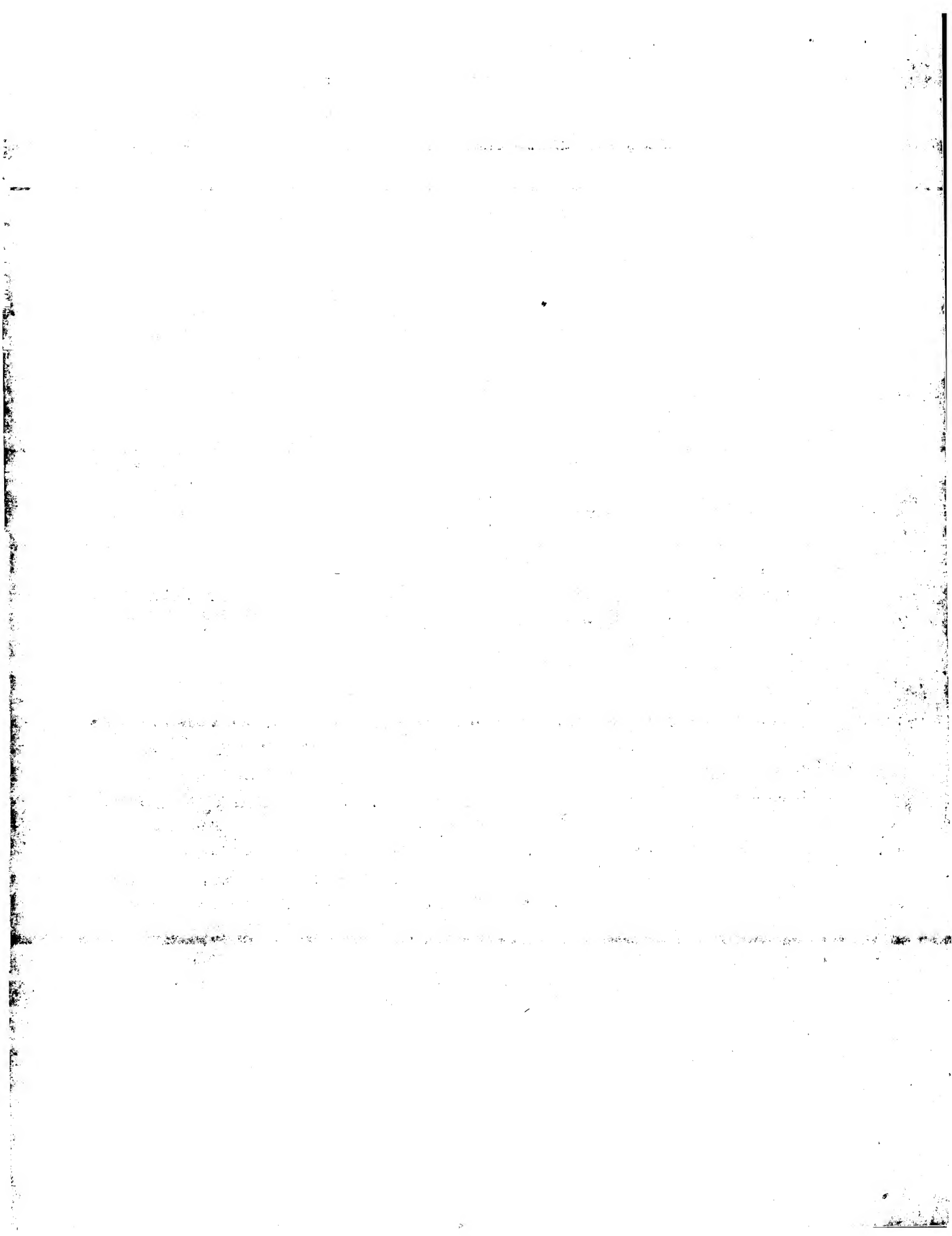
Soweit die Ansprüche zu verstehen sind (siehe Punkt VIII), ist somit der Gegenstand der gegenwärtigen unabhängigen Ansprüche 1 und 14, und ebenfalls der abhängigen Ansprüche 2-13 und 15-17, neu hinsichtlich den Anforderungen des Artikels 33(2) PCT.

3. Erfinderische Tätigkeit.

Die Lehre von D1 besteht hauptsächlich darin, ein Bildschirmhologramm aus einer Vielzahl von Elementarhologrammen herzustellen, so daß sich eine präzis definierte Beobachterpupille ergibt. Die Anfertigung dieser Elementarhologramme in Einzelaufnahmen wird in aller Ausführlichkeit beschrieben (Spalte 3, Zeile 11 - Spalte 4, Zeile 48; Figuren 3 und 4). Die beiläufige Bemerkung in D1, daß eine alternative Herstellungsmethode darin bestünde, jedes Elementarhologramm als ein Raster von kleinen "Pixel-Hologrammen anhand eines scannenden Projektionssystems" anzufertigen, erscheint ungenügend zu sein, um das in Anspruch 1 definierte Verfahren nahezulegen.

Wie bereits oben erwähnt, bezieht sich D2 nicht auf Bildschirmhologramme im Sinne der vorliegenden Anmeldung, so daß ein scannender Laserstrahl, der über die Streuplatte geführt wird, um Teilbereiche zu beleuchten und Elementarhologramme des Bildschirms herzustellen, nicht nahegelegt wird.

Soweit die Ansprüche zu verstehen sind (siehe Punkt VIII), ist somit der Gegenstand des



gegenwärtigen Anspruchs 1, als auch der abhängigen Ansprüche 2- 13, erfinderisch mit Bezug auf Artikel 33(3) PCT. Die gleiche Begründung gilt für die Ansprüche 14-17.

Zu Punkt VIII

Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

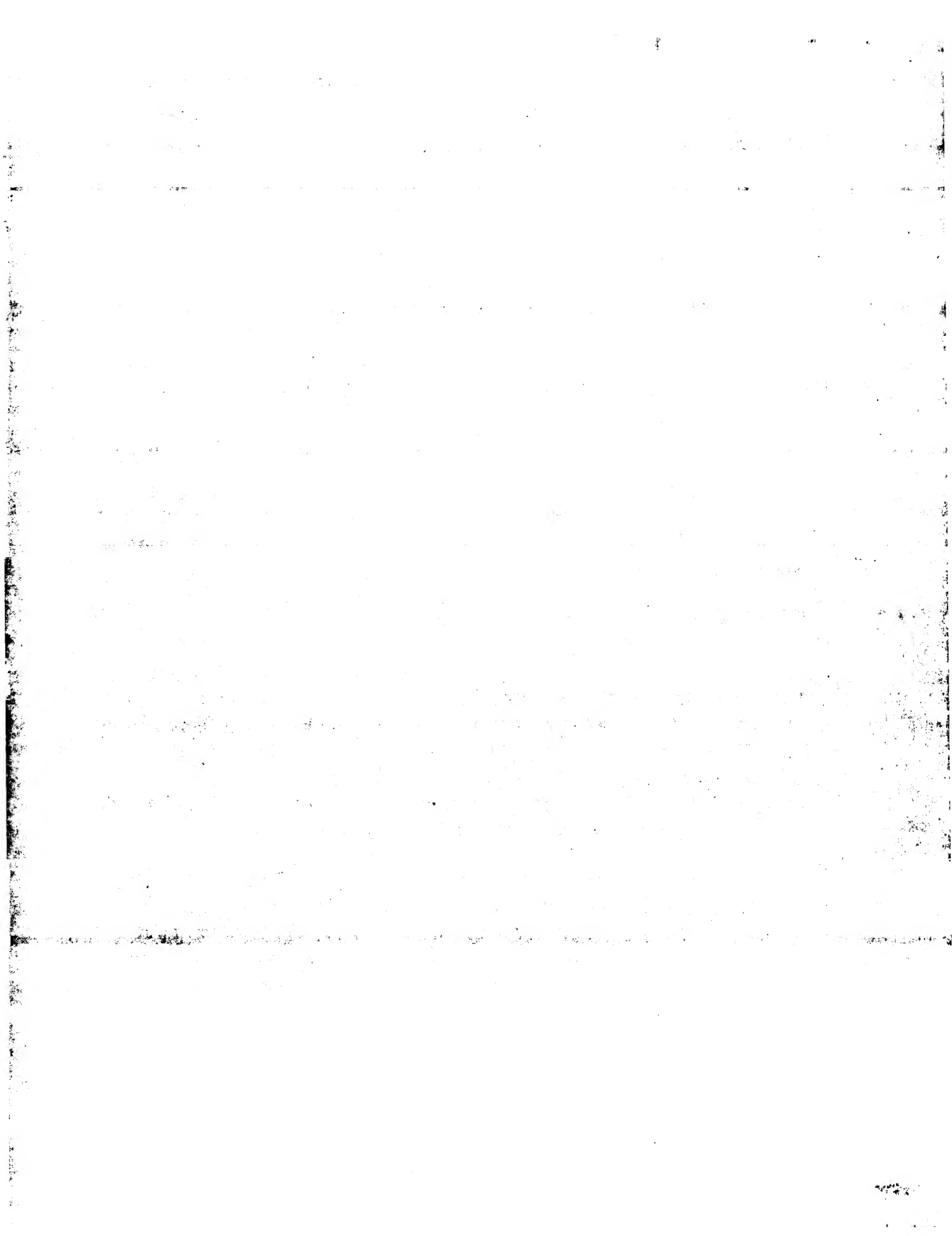
Die vorliegende Anmeldung entspricht nicht den Erfordernissen des Artikels 6 PCT, weil die Ansprüche 1 und 14 nicht klar sind.

1. Es geht nicht deutlich genug aus dem Wortlaut des Anspruchs 1 heraus, daß mit dem Begriff "Bildschirmhologramm" ein "holografisches Aufnahmematerial" gemeint ist, in dem "ein realer Bildschirm gespeichert ist und in dem die optischen Eigenschaften jedes Bildschirmpixels wiedergegeben sind" (Seite 7, Zeilen 18-20; Anspruch 18). Diese Klarstellung dient ebenfalls zur deutlicheren Abgrenzung zu dem aus D2 bekannten Hologramm.

2. Es geht nicht deutlich genug aus dem Wortlaut des Anspruchs 14 heraus, daß die Lichtquelle und die Scanvorrichtung so angeordnet sind, daß "das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, so daß sich durch Zusammensetzung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt" (siehe Wortlaut der vorliegenden Ansprüche 1 und 18).

3. Mit dem in den Ansprüchen 1 und 14 benutzten Ausdruck "schmalbandig" scheint das Merkmal "spektral schmalbandig" gemeint zu sein.

4. Die knappe und unpräzise Angabe in der Beschreibung auf Seite 17, Zeilen 22-27 erweckt den Eindruck, daß der Gegenstand, für den Schutz begehrt wird, nicht dem in den Ansprüchen definierten Gegenstand entspricht, und führt daher zur Unklarheit (Artikel 6 PCT), wenn die Beschreibung zur Auslegung der Ansprüche herangezogen wird (vgl. die PCT Richtlinien, III-4.3a). In der Tat ist unter einem "realen Bildschirm", wie in Anspruch 1 definiert, kein Spiegel zu verstehen.



Verfahren, Vorrichtung und Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, sowie Bildschirmhologramm

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, sowie ein Bildschirmhologramm, gemäß den Oberbegriffen der Patentansprüche 1, 16, 19 und 21.

- 10 Bildschirmhologramme, die als holografische Abbilder von reellen, weißen Bildschirmen oder Bildschirmleinwänden hergestellt und mit Lasern in den Grundfarben Rot Grün und Blau (rgb) aufgenommen werden, haben den Vorteil, daß sie nur in einem engen Spektralbereich um die Aufnahmewellenlänge und gleichzeitig nur innerhalb eines sehr begrenzten Projektionswinkels um die Einfallsrichtung des Referenzstrahles bei der vorhergehenden
- 15 Hologrammaufnahme wirksam sind. Die Funktionsweise solcher Schirme bzw. holografischer Bildschirme ist in den deutschen Patentanmeldungen Nr. 19700162.9 und Nr.19703592.2 ausführlich beschrieben.

- Als Lichtquellen für die Projektion können vor allem rgb-Laser im Dauerstrichbetrieb und
- 20 gepulstem Betrieb sowie rgb-Leuchtdioden verwendet werden. Der Bildaufbau kann wahlweise durch das serielle Scannen eines kollimierten Laserstrahles oder durch die Abbildung eines Bildmodulators im aufgeweiteten Strahl eines Lasers oder einer Leuchtdiode auf den Schirm durchgeführt werden. Holografische Bildschirme können sowohl für Aufprojektion als auch für Rückprojektion hergestellt werden. Wegen ihrer Wellenlängen- und
- 25 Richtungsselektivität können selbst in Tageslichtumgebung helle, kontrastreiche und farbtreue Bilder auf Bildschirmhologramme projiziert werden. Der Projektor mit den schmalbandigen Lichtquellen wird an den Strahlursprung des divergenten Referenzstrahles platziert. Nur von dort aus wird das Projektionslicht effizient aus dem Hologramm zum Zuschauer herausgebeugt, wobei z.B. das diffuse, breitbandige Umgebungslicht aus allen
- 30 anderen Einfallsrichtungen das Bildschirmhologramm ungehindert durchqueren kann.

In dem US-Patent.Nr. 4.500.163 ist z. B. ein holografischer Projektionsschirm offenbart, der eine Anordnung von Teilschirmflächen aufweist. Jede Teilschirmfläche wird durch ein

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Hologramm gebildet, bei dessen Aufnahme ein Diffuser als Objekt mittels eines Objektivstrahls und eines Referenzstrahls in einer Photoplatte holografisch abgebildet wird. Damit soll für großflächige, halbrunde Projektionsschirme eine specklefreie Abbildung möglich werden.

Das US Patent 5,926,294 zeigt ebenfalls die Herstellung eines Hologrammelements, in dem eine Diffuserplatte als Objektiv holografisch abgebildet ist. Die Hologrammelemente werden zu einem Projektionsschirm zusammengesetzt.

Für die Wiedergabe bzw. die Projektion von Bildern auf Bildschirmhologramme werden z.B. rgb-Laser verwendet, wie sie in „RGB Optical Parametric Oscillator Source“, K. Snell et al, Aerosense 99 und in den Patentschriften DE 195 04 047 und DE 44 32 029 beschrieben werden.

Die möglichen Anwendungen von Bildschirmhologrammen erstrecken sich über das weite Gebiet von kleinen Displays, z.B. für nur eine einzige Person in Fahrzeugen und Flugzeugen oder an Arbeitsplätzen im Büro, bis zu Großflächenschirmen für mehrere Zuschauer bei Veranstaltungen.

Die kleineren Displays können mit frequenzstabilen rgb-Dauerstrichlasern aufgenommen werden. Nachteilhaft sind dabei die hohen Anforderungen an die Stabilität des Lasers und des Strahlenganges und der damit verbundene große Aufwand, der mit hohen Kosten verbunden ist.

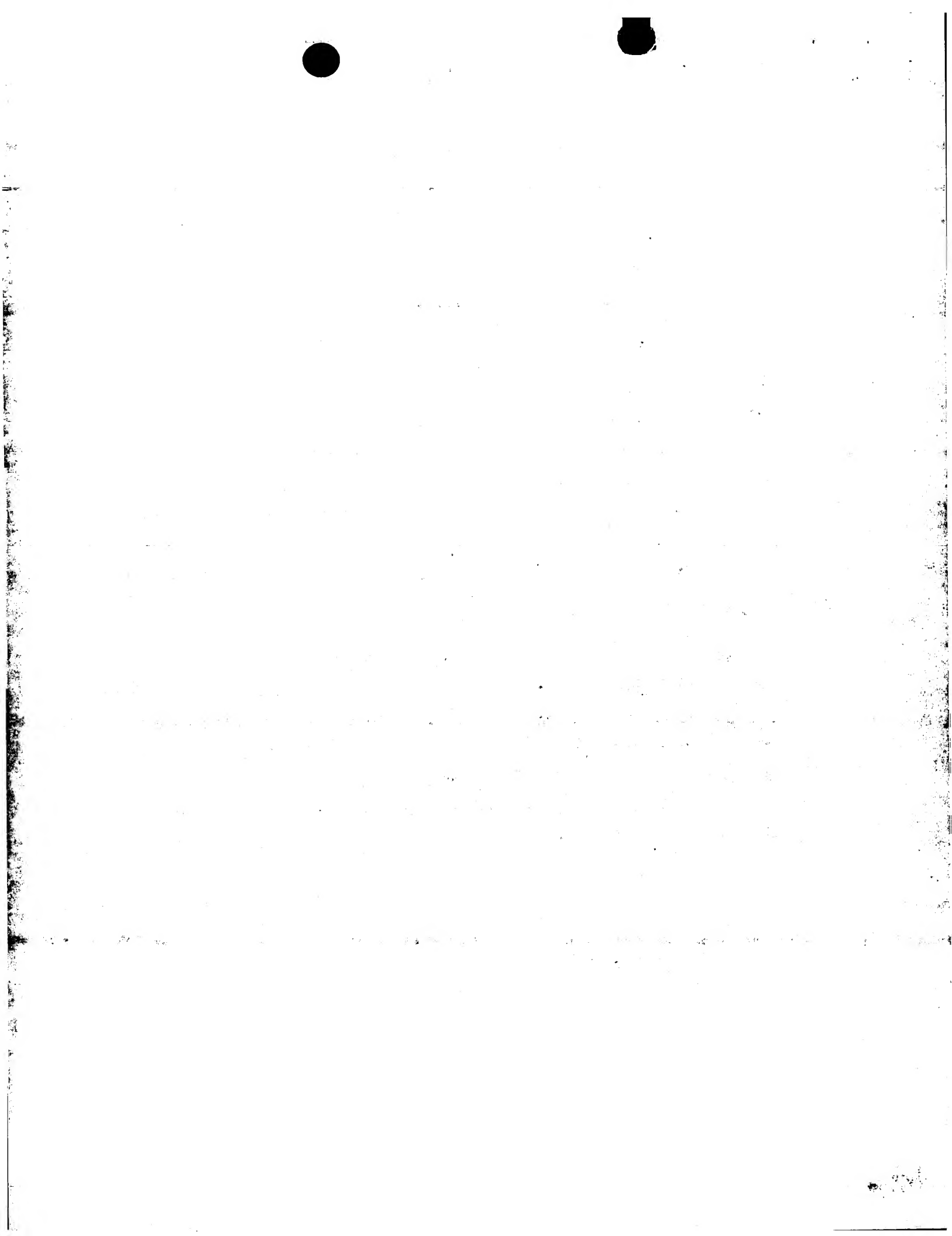
Eine Bilddarstellung auf großen Bildschirmhologramme, die unabhängig vom Umgebungslicht ist, wäre z.B. für verschiedenste Anwendungen im Heim- und Bürobereich, für Fernsehen, Computer, elektronisches Kino und für Vorführungen in Vortragssälen, Kino und im Freilufttheater sehr attraktiv. Jedoch bereitet die Herstellung von größeren Bildschirmen, z.B. in der Größe von Schreibmaschinenpapier (DINA4) oder größer, erhebliche technische Schwierigkeiten.

Erstens ist die Ausgangsleistung der stärksten Dauerstrichlaser für die Hologrammaufnahmen heute nur auf einige Watt limitiert, was bei Belichtung der besonders geeigneten Silberhalogenid- und Photopolymermaterialien ab 1 m^2 Größe eine Belichtungszeit von mehreren zehn Minuten erfordert. Für diese langen Belichtungszeiten sind die Anforderungen an die mechanische und thermische Stabilität des Materials, an die optischen Komponenten des Strahlengangs und an die Frequenzstabilität des Lasers besonders hoch.

Zweitens muß der Objekt- und Referenzstrahl bei der Hologrammaufnahme auf Kosten der Lichtleistung über die Größe des Bildschirms und des Hologramms aufgeweitet werden, denn die radiale Intensitätsverteilung ist über den Laserstrahl nicht konstant, sondern folgt einer Gaußverteilung, die eine starke Aufweitung notwendig macht um eine möglichst homogene Beleuchtung über die Fläche der Hologramme zu erzielen. Wenn zur Schaffung eines großen Bildschirmhologramms mehrere Bildschirmhologramme aneinandergesetzt werden, ist der Intensitätsabfall zu den Rändern der einzelnen belichteten Hologramme besonders störend, weil dann ein periodisches Schattenmuster den ganzen Bildschirm bei der Projektion durchzieht.

Drittens bereitet die Einbelichtung von den drei rgb-Farben dreier Laser in das gleiche Hologramm Schwierigkeiten, da eine gleichmäßige Belichtung aller drei Laser über eine größere Fläche kaum erzielt werden kann. Da die Wellenlängen der Laser deutlich unterschiedlich sind, ergeben sich Unterschiede in der Strahltransmission durch Brechung, Beugung und Streuung an verschiedenen Stellen des gesamten Strahlenganges, was zu ungleichmäßiger Farbdarstellung führt und bei einer Abbildung über eine ausgedehnte Fläche nur schwer zu beheben ist.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zu schaffen, das die einfache Herstellung sowohl kleiner als auch großflächiger Bildschirmhologramme hoher Qualität ermöglicht. Weiterhin soll ein Bildschirmhologramm geschaffen werden, das auch großflächig realisierbar ist, ohne daß die Bildqualität bei der Projektion darunter leidet.

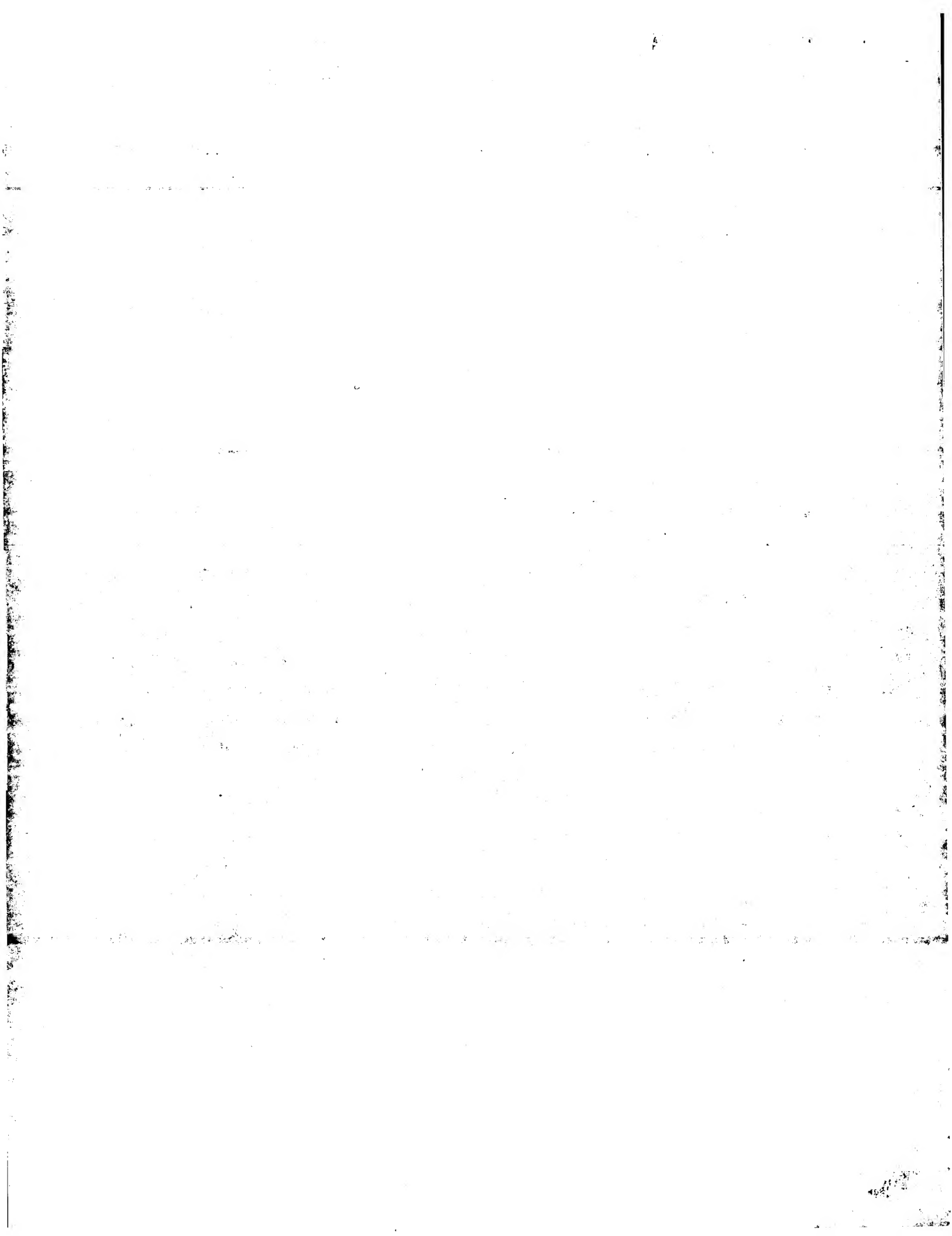


Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 14 sowie durch das Bildschirmhologramm gemäß Patentanspruch 18. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein realer Bildschirm mit schmalbandigem Licht beleuchtet um ein Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms beleuchtet wird, so dass sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt. Die Beleuchtung erfolgt mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl. Dadurch sind jeweils nur sehr kurze Belichtungszeiten möglich, so dass Störungen bei der Belichtung z. B. durch Erschütterungen oder andere Instabilitäten vermieden werden. Weiterhin ergeben sich keine Intensitätsverminderungen am Rand oder periodische Schattenmuster. Eine gleichmäßige Farbdarstellung auf großen Flächen wird möglich.

Die Pulsdauer ist z. B. derart bemessen, dass die Bewegung des Laserstrahls über den Bildschirm keinen Einfluss auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm hat. Bevorzugt entsprechen die aufgenommenen Teilbereiche des Bildschirms der Größe von Bildpixeln oder größer. Insbesondere kann die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten Festkörperdauerstrichlaser erfolgen.

Bevorzugt erfolgt eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der Wellenlängenbereiche rot, grün, blau. Beispielsweise wird ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenhologramm erzeugt. Auch kann ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt werden. Bevorzugt werden Laserstrahlen mit einer Kohärenzlänge erzeugt, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl. Scangeschwindigkeit und Pulsdauer sind z.B. so aufeinander abgestimmt, daß die Bewegung des Laserstrahls während eines Pulses kleiner als $1/10$ der Wellenlänge ist.



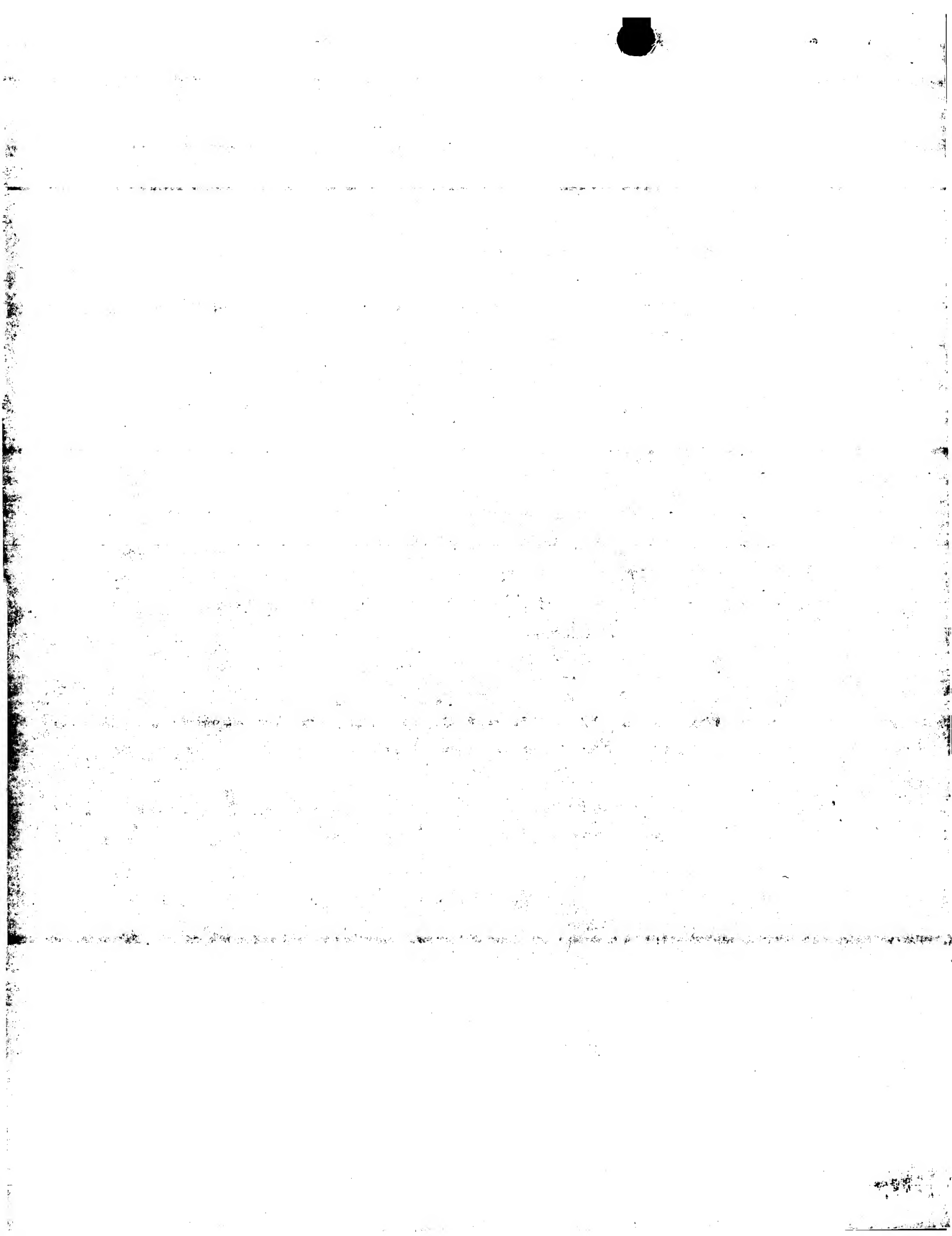
Vorzugsweise erfolgt ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl. Die Verteilung der Belichtung kann gemessen werden, um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren. Auch können
5 mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen durchgeführt werden, um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm zu erzeugen. Weiterhin können mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern, wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls, durchgeführt werden. Bevorzugt erfolgt die Belichtung
10 gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen der Grundfarben rot, grün, blau, die auf einer Strahlachse koaxial justiert sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen hat eine schmalbandigen Lichtquelle zur Beleuchtung eines realen Bildschirms, die z.B. so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen, wobei weiterhin eine Scanvorrichtung zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm vorgesehen ist, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Dadurch können
15 auch großflächige Bildschirmhologramme hoher Qualität einfach hergestellt werden.

20 Die Lichtquelle erzeugt vorzugsweise gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung. Die Lichtquelle umfaßt insbesondere ein Lasersystem, wie es nachfolgend beschrieben wird.

Das verwendete Lasersystem zur Herstellung von RGB-Strahlen ist insbesondere für die
25 Herstellung von Bildschirmhologrammen geeignet und umfaßt:
eine Laserstrahlquelle zur Erzeugung von Laserstrahlung,
eine Frequenzkonversionseinrichtung, und
einen optisch-parametrischen Oszillator, wobei die die Laserstrahlquelle einen gepulsten, q-geschalteten Laser-Oszillator umfaßt.

30 Mit diesem Lasersystem können großflächige Bildschirmhologramme zur Farbprojektion mit hoher Bildqualität auf einfache Weise erzeugt werden.



5a

Bevorzugt ist der q-geschaltete Laser-Oszillator ein Einfrequenz IR-Oszillator. Die Laserstrahlquelle hat z.B. einen Laserverstärker, der dem q-geschalteten Laseroszillator nachgeschaltet ist. Das erfindungsgemäße Bildschirmhologramm hat ein holografisches Aufnahmемaterial, in dem ein realer Bildschirm als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen ergibt. Dadurch ergibt sich eine hohe Qualität bei der Bildwiedergabe, selbst bei einer großflächigen Realisierung des Bildschirmhologramms.

Bevorzugt ist das Bildschirmhologramm nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben, in denen

20

25

30



Verlegung mehrere Hologramme nebeneinander, durch mehrmaliges Abscannen der gleichen Fläche mit phasenverschobenem Scanstrahl, bzw. durch Regelung der Pulsleistung, ausgeglichen werden. Hier nutzt die Erfindung z.T. die Eigenschaft von Hologrammaufnahmen aus, daß in einem einzigen Hologramm mehrere Objektbelichtungen überlappend und unabhängig voneinander gespeichert werden können.

Damit dieser Belichtungsvorgang automatisch ablaufen kann, wird in einer nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung die Verteilung der Belichtung durch einen kalibrierten Rückstreusensor, der im Strahlengang des Beleuchtungslasers koaxial zum gepulsten Belichtungsstrahl angeordnet ist, überwacht. Alternativ dazu können Überwachungskameras die Laserbeleuchtung über die gesamte Hologrammfläche ständig vermessen. Das damit gewonnene Belichtungsmuster kann von einem Mikroprozessor, bzw. Computer gespeichert und bei nachfolgenden nochmaligen Scanzyklen über die gesamte Hologrammfläche durch Regelung der Laserlichtintensität und Flächenverteilung der Scanfigur zur nachträglichen Korrektur der Belichtung der vorhergehenden Belichtungsmuster verwendet werden.

Nach dem Entwicklungsprozess sind die optischen Eigenschaften des Bildschirms in dem Hologramm 12 gespeichert. Vorzugsweise werden sogenannte dicke Hologramme (10 -20 μm) verwendet, z.B. aus Photopolymer, Dichromatgelatine oder Silber-Halogenid Materialien. Dicke Hologramme haben gegenüber dünnen Hologrammen den Vorteil, daß sie besonders selektiv Licht mit der gleichen Wellenlänge wie bei der Aufnahme herausbeugen, und zwar nur dann, wenn der Einfallswinkel des Rekonstruktionsstrahles der gleiche ist wie der Einfallswinkel des Referenzstrahles bei der Aufnahme.

Die optimale akkumulierte Belichtung der Hologramme ist für jedes Material und für jede Wellenlänge verschieden, z.B. liegt sie für Photopolymermaterialien bei etwa $25 \text{ mJ}/\text{cm}^2$, d.h. zur Belichtung von 1 m^2 mit einem Laser 1 W mittlerer Leistung würden 250 Sekunden oder etwa 4 Minuten benötigt. Bei Silberhalogenidfilmen ist nur eine Belichtung von etwa $0,5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ notwendig, wodurch die Belichtungszeit entsprechend gekürzt werden kann.

Bildebenenhologramme sind Aufnahmen von mit Linsen oder Spiegeln abgebildeten Schirmen, die in der Hologrammebene liegen. Der Abstrahlwinkel dieser Hologramme, kann durch die Abbildungsgeometrie erheblich eingeengt werden, mit einer entsprechenden Zunahme der Helligkeit des Bildes, was für viele Anwendungen von großem Vorteil ist.

Fig. 3 zeigt eine Aufnahme eines Kontakthologrammes von einem Bildschirm 31 als Transmissionshologramm 32. Hier ist es notwendig, daß ein Referenzstrahlenbündel 33, dessen Strahlengang mit dem Projektionsstrahl bei der späteren Bildwiedergabe zusammenfällt, als konvergentes Teilstrahlenbündel eines gepulsten Lasers 39 auf das Hologramm 32 fällt. Die Interferenzstrukturen, die sich dann im Hologramm 32 durch die Überlagerung von Streulichtes 30 aus dem Schirm 31 mit dem Referenzstrahlbündel 33 ausbilden, entsprechen dann einer Bildwiedergabe in Rückprojektion aus dem Schnitt- bzw. Projektionspunkt 36, d.h. der Verlängerung des Strahlenbündels 33. Bei der Projektion steht der Betrachter dann gegenüber dem späteren Projektionspunkt 36 auf der entgegengesetzten Seite des Hologramms 12. Die Herstellung eines konvergenten Strahlenbündels aus einem Zweiachsen-Scanner 34 und 35 läßt sich am einfachsten über einen langbrennweitigen Spiegel 37 herstellen, der den Quellenpunkt des Scanners 38 in den Schnittpunkt 36 abbildet. Das Hologramm 32 und der reelle Bildschirm 31 sind dann in einer Schnittebene dieses Strahlenganges des Teilstrahlenbündels 33 plazierte.

Fig. 4 zeigt eine Aufnahme eines Transmissionshologramms als Bildebenenhologramm für die Rückprojektion. Hier wird ein reeller Bildschirm 41 mit Hilfe einer Linse 46 auf ein Hologramm 42 abgebildet. Gleichzeitig fällt ein Referenzstrahlbündel 43 von der anderen Seite auf das Hologramm 42. Die beiden Scanner mit x-y-Scannerspiegeln 47 und 48 bzw. 47' und 48' werden so synchronisiert, daß die beiden Beleuchtungsflecken des Referenzstrahlbündels 43 und der beleuchteten Fläche 40 des reellen Schirms im Hologramm 41 synchron überlagert werden. Die Beleuchtungsstrahlen für den reellen Schirm 42 und für das Referenzstrahlbündel 43 werden mittels Teilerspiegel 44 und Umlenkspiegel 44' aus dem gemeinsamen Laser 49 geteilt und umgelenkt.

Fig. 5 zeigt eine Aufnahme eines Bildebenenhologramms als Reflexionshologramm für die spätere Aufprojektion. Dabei wird ein reeller Schirm 51 in eine Hologrammebene 52 mit

- Summenfrequenzbildung. Der Oszillator 61 ist ein q-geschalteter Nd:YAG im longitudinalen Einmodenbetrieb. Der Laserverstärker 62 ist eine Nd:YAG oder Nd:YVO Verstärkerkette. Weiterhin ist ein Frequenzverdopplerkristall 63 vorgesehen, sowie Strahlteiler 64, 64' zur
- 5 Trennung der fundamentalen Strahlung des Primärlasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ von der frequenzverdoppelten grünen Strahlung $\lambda_g = 0,53 \mu\text{m}$. Der optisch-parametrische-Oszillator 65 wird mit dem grünen Strahl λ_g gepumpt und so eingestellt, daß er zwei signal- und idler Strahlen (λ_s bzw. λ_i) generiert, die eine geeignete Wellenlänge für eine anschließende Summenfrequenzbildung in Summenfrequenzgeneratoren 66, 67 aufweisen. Die Wellenlängen λ_s und
- 10 λ_i sind dabei so gewählt, daß die Summenfrequenzbildung mit den Strahlen der fundamentalen Wellenlänge des Lasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ (bzw. $1,04 \mu\text{m}$), die nach der Frequenzverdopplung übrig bleibt, zu geeigneten Wellenlängen von Rot und Blau führt. Die Farbe Grün wird dagegen als Teil der frequenzverdoppelten Strahlung des Primärlaser über Abspaltung durch den einfachen Strahlteiler 64, 64' übernommen.
- 15
- Der vorgeschlagene schnell gepulste q-geschaltete Laser 61 ist ein Dauerstrichlaseroszillator mit nur einer longitudinalen Grundmode, die in einem gepulsten Betrieb des Resonators betrieben wird. Ein Laser dieser Art ist z.B. ein diodengepumpter Festkörper-Micro-Chip-Laser wie z.B. Nd:YAG bei der Laserwellenlänge $1,06 \mu\text{m}$ mit einem so kurzen Resonator, daß er nur auf einer longitudinalen Mode anschwingt. Mit einem internen passiven Güteschalter, z.B. aus dem bekannten Cr^{4+} :YAG-Material, kann er durch die Dotierung mit Cr^{4+} -Ionen z.B. auf 20 kHz Pulsfrequenz mit einer Pulsdauer von 10 ns eingestellt werden.
- 20
- Die IR-Emission des Lasers 61 wird nun in dem nachfolgendem Verstärker 62, z.B. mit dem Kristall Nd:YAG oder Nd:YVO₄, um ein Faktor 10-100 hochverstärkt, ohne daß störende höhere longitudinale Moden entstehen, auch bei Beibehaltung der guten Strahlqualität des Oszillators. Nach der Verstärkung wird der gepulste Strahl dann noch bis zu der erwünschten grünen Wellenlänge 532 nm frequenzverdoppelt, was hier in einem KTP-Kristall 63 geschieht. Nach der Frequenzverdopplung, die mit einer Effizienz von etwa 30%
- 25 geschieht, bleibt ein Teil der Primärstrahlung mit einer Wellenlänge von $1,06 \mu\text{m}$ für die weitere Verwendung in anschließenden Stufen übrig.
- 30



Eine zweite Möglichkeit ist die Verwendung von passiv gütegeschalteten Nd:YAG – Ringlasern mit gleichem Cr^{4+} -YAG-Güteschalter, ähnlicher Pulswiederholfrequenz, aber besserer
5 Frequenzstabilität und höhere mittlere Leistung. Mit anschließenden Verstärkerstufen wie im vorigen Fall kann eine mittlere Leistung von 10-30 W in einer longitudinalen Mode erzeugt werden

Eine Möglichkeit liegt in der Verwendung eines mit einem akusto-optischen Schalter aktiv-
10 gütegeschalteten Laser mit internem Etalon zur Einstellung eines Eimodenbetriebes, was aber gegenüber dem zweiten Verfahren etwas aufwendiger ist.

Q-geschaltete Dauerstrichlaser der hier beschriebenen Art haben eine Pulswiederholfrequenz von 10-20 kHz, eine Pulsbreite von 5-20 ns und eine Frequenzbandbreite der Laser-
15 emission unter 100 MHz. Sie können mit einer Verstärkerstufe so ausgelegt werden daß nach der Frequenzverdopplung 1 W grüne Emission entsteht, und mit zwei oder drei Stufen bis 10 W grüne Strahlung und 30 W infrarote Strahlung im Mittel generiert wird. Nach der Konversion im optisch-parametrischen-Oszillator 65 und weiterer Frequenzverdopplung bzw. Summenfrequenzbildung können dann alle rgb-Strahlen mit einer mittleren Leistung
20 von einigen Watt hergestellt werden. Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist auch, daß die Farben Blau und Rot durch Einstellung der Wellenlängen der Idler- und Signalwellenlänge λ_s , λ_i im optisch-parametrischem-Oszillator 65 zur Anpassung an die Wellenlänge der späteren Bildprojektionslaser kontinuierlich verschoben werden können.

25 Mit den charakteristischen Laserdaten sind solche Lasersysteme für die Aufnahme der Bildschirmhologramme besonders gut geeignet. Beträgt z.B. die Pulsdauer des Lasers 10 ns und die Scangeschwindigkeit 5 m/sec, dann bewegt sich der Strahl während dieser Pulsdauer lateral um 5×10^{-8} m, was 1/10 der Wellenlänge bei z.B. 500 nm entspricht. Diese kleine Verrückung hat keinen bemerkbaren Einfluß auf die Güte des Interferenzmus-
30 ters in dem Hologramm haben. Wäre die Pulsfrequenz z.B. 20 kHz, würde sich der Strahl von Puls zu Puls bei dieser Scangeschwindigkeit um 1/4 mm fortbewegen. Die Kohärenzlänge eines $\Delta t = 10$ ns Einmoden Pulses beträgt etwa $\Delta t \cdot c = 3$ m, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Differenz der Laufwege des Objekt- und Referenzstrahles darf



Geänderte Patentansprüche 1 bis 18

1. Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, bei dem ein realer
Bildschirm (11; 31; 41; 51) mit schmalbandigem Licht beleuchtet wird um ein
5 Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Vielzahl von
Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich (11a) des
realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) beleuchtet wird, so daß sich durch
Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das
Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt,
10 dadurch gekennzeichnet,
daß die Beleuchtung des Bildschirms (11; 31; 41; 51) mit einem spannenden,
gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsdauer derart
15 bemessen ist, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) über den
Bildschirm (11; 31; 41; 51) keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im
Hologramm hat.
3. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
20 gekennzeichnet, daß die aufgenommenen Teilbereiche (11a) des Bildschirms (11;
31; 41; 51) mindestens der Größe von Bildpixeln entsprechen.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, daß die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten
Festkörperdauerstrichlaser (16) erfolgt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
30 gekennzeichnet, daß eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der
Wellenlängenbereiche rot, grün, blau erfolgt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenenhologramm
erzeugt wird.

- 5 7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) mit einer Kohärenzlänge erzeugt werden, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl.
- 10 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Scangeschwindigkeit und Pulsdauer so aufeinander abgestimmt sind, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) während eines Pulses kleiner ist als 1/10 der Wellenlänge.
- 15 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt
- 20 10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung der Belichtung im Hologramm gemessen wird um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren.
- 25 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) durchgeführt werden um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm (12; 32; 42; 52) zu erzeugen.
- 30 12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls durchgeführt werden.
13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) der Grundfarben rot, grün, blau erfolgt, die auf einer Strahlachse

koaxial justiert sind.

- 5 14. Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, mit einer schmalbandigen Lichtquelle (16; 39; 49; 59; 60) zur Beleuchtung eines realen Bildschirms (11; 31; 41; 51), die so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht (17; 30; 40; 50) mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen,
gekennzeichnet durch
eine Scanvorrichtung (14, 15; 34, 35; 47, 48, 47', 48'; 57, 58) zum Führen der von
10 der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm,
wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt.
- 15 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung erzeugt.
- 20 16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) ein Lasersystem umfaßt, mit einer Laserstrahlquelle (61, 62), die einen gepulsten, q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laser-Oszillator (61) umfaßt,
einer Frequenzkonversionseinrichtung (63), und
einem optisch-parametrischen Oszillator (65).
- 25 17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserstrahlquelle einen Laserverstärker (62) umfaßt, der dem q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laseroszillator (61) nachgeschaltet ist.
- 30 18. Bildschirmhologramm mit einem holografischen Aufnahmematerial (12; 32; 42; 52), in dem ein realer Bildschirm (11; 31; 41; 51) als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen (11a) ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß

die Einzelaufnahmen durch Beleuchten des Bildschirms (11; 31; 41; 51) mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgen.

**Verfahren, Vorrichtung und Lasersystem zur Herstellung von
Bildschirmhologrammen, sowie Bildschirmhologramm**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zur Herstellung
5 von Bildschirmhologrammen, sowie ein Bildschirmhologramm, gemäß den Oberbegriffen
der Patentansprüche 1, 16, 19 und 21.

Bildschirmhologramme, die als holografische Abbilder von reellen, weißen Bildschirmen
oder Bildschirmleinwänden hergestellt und mit Lasern in den Grundfarben Rot Grün und
10 Blau (rgb) aufgenommen werden, haben den Vorteil, daß sie nur in einem engen
Spektralbereich um die Aufnahmewellenlänge und gleichzeitig nur innerhalb eines sehr
begrenzten Projektionswinkels um die Einfallsrichtung des Referenzstrahles bei der
vorhergehenden Hologrammaufnahme wirksam sind. Die Funktionsweise solcher Schirme
bzw. holografischer Bildschirme ist in den deutschen Patentanmeldungen Nr. 19700162.9
15 und Nr. 19703592.2 ausführlich beschrieben.

Als Lichtquellen für die Projektion können vor allem rgb-Laser im Dauerstrichbetrieb und
gepulstem Betrieb sowie rgb-Leuchtdioden verwendet werden. Der Bildaufbau kann
wahlweise durch das seriellen Scannen eines kollimierten Laserstrahles oder durch die
20 Abbildung eines Bildmodulators im aufgeweiteten Strahl eines Lasers oder einer
Leuchtdiode auf den Schirm durchgeführt werden. Holografische Bildschirme können
sowohl für Aufprojektion als auch für Rückprojektion hergestellt werden. Wegen ihrer
Wellenlängen- und Richtungsselektivität können selbst in Tageslichtumgebung helle,
kontrastreiche und farbtreue Bilder auf Bildschirmhologramme projiziert werden. Der
25 Projektor mit den schmalbandigen Lichtquellen wird an den Strahlursprung des
divergenten Referenzstrahles plaziert. Nur von dort aus wird das Projektionslicht effizient
aus dem Hologramm zum Zuschauer herausgebeugt, wobei z.B. das diffuse, breitbandige
Umgebungslicht aus allen anderen Einfallsrichtungen das Bildschirmhologramm
ungehindert durchqueren kann.

30

↔ ① nicht extra Blatt

Für die Wiedergabe bzw. die Projektion von Bildern auf Bildschirmhologramme werden z.B.
rgb-Laser verwendet, wie sie in „RGB Optical Parametric Oscillator Source“, K. Snell et al,

Aerosense 99 und in den Patentschriften DE 195 04 047 und DE 44 32 029 beschrieben werden.

Die möglichen Anwendungen von Bildschirmhologrammen erstrecken sich über das weite
5 Gebiet von kleinen Displays, z.B. für nur eine einzige Person in Fahrzeugen und Flugzeugen
oder an Arbeitsplätzen im Büro, bis zu Großflächenschirmen für mehrere Zuschauer bei
Veranstaltungen.

Die kleineren Displays können mit frequenzstabilen rgb-Dauerstrichlasern aufgenommen
10 werden. Nachteilhaft sind dabei die hohen Anforderungen an die Stabilität des Lasers und
des Strahlenganges und der damit verbundene große Aufwand, der mit hohen Kosten
verbunden ist.

Eine Bilddarstellung auf großen Bildschirmhologramme, die unabhängig vom
15 Umgebungslicht ist, wäre z.B. für verschiedenste Anwendungen im Heim- und Bürobereich,
für Fernsehen, Computer, elektronisches Kino und für Vorführungen in Vortragssälen, Kino
und im Freilufttheater sehr attraktiv. Jedoch bereitet die Herstellung von größeren
Bildschirmen, z.B. in der Größe von Schreibmaschinenpapier (DINA4) oder größer,
erhebliche technische Schwierigkeiten.

20

Erstens ist die Ausgangsleistung der stärksten Dauerstrichlaser für die
Hologrammaufnahmen heute nur auf einige Watt limitiert, was bei Belichtung der
besonders geeigneten Silberhalogenid- und Photopolymermaterialien ab 1 m Größe eine
Belichtungszeit von mehreren zehn Minuten erfordert. Für diese langen Belichtungszeiten
25 sind die Anforderungen an die mechanische und thermische Stabilität des Materials, an
die optischen Komponenten des Strahlengangs und an die Frequenzstabilität des Lasers
besonders hoch.

Zweitens muß der Objekt- und Referenzstrahl bei der Hologrammaufnahme auf Kosten der
30 Lichtleistung über die Größe des Bildschirms und des Hologramms aufgeweitet werden,
denn die radiale Intensitätsverteilung ist über den Laserstrahl nicht konstant, sondern folgt
einer Gaußverteilung, die eine starke Aufweitung notwendig macht um eine möglichst
homogene Beleuchtung über die Fläche der Hologramme zu erzielen. Wenn zur Schaffung

eines großen Bildschirmhologramms mehrere Bildschirmhologramme aneinandergefügt werden, ist der Intensitätsabfall zu den Rändern der einzelnen belichteten Hologramme besonders störend, weil dann ein periodisches Schattenmuster den ganzen Bildschirm bei der Projektion durchzieht.

5

Drittens bereitet die Einbelichtung von den drei rgb-Farben dreier Laser in das gleiche Hologramm Schwierigkeiten, da eine gleichmäßige Belichtung aller drei Laser über eine größere Fläche kaum erzielt werden kann. Da die Wellenlängen der Laser deutlich unterschiedlich sind, ergeben sich Unterschiede in der Strahltransmission durch Brechung, Beugung und Streuung an verschiedenen Stellen des gesamten Strahlenganges, was zu ungleichmäßiger Farbdarstellung führt und bei einer Abbildung über eine ausgedehnte Fläche nur schwer zu beheben ist.

10

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zu schaffen, das die einfache Herstellung sowohl kleiner als auch großflächiger Bildschirmhologramme hoher Qualität ermöglicht. Weiterhin soll ein Bildschirmhologramm geschaffen werden, das auch großflächig realisierbar ist, ohne daß die Bildqualität bei der Projektion darunter leidet.

15

20 Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. ¹⁴16, ~~durch das Lasersystem gemäß Patentanspruch 19~~, sowie durch das Bildschirmhologramm gemäß Patentanspruch ¹⁸21. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

25

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein realer Bildschirm mit schmalbandigem Licht beleuchtet um ein Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms beleuchtet wird, so daß sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt. ² ³ ² Dadurch sind jeweils nur sehr kurze Belichtungszeiten möglich, so daß Störungen bei der Belichtung z.B. durch Erschütterungen oder andere Instabilitäten vermieden werden. Weiterhin ergeben sich keine Intensitätsverminderungen am Rand oder

30

n. nächst.
Seite

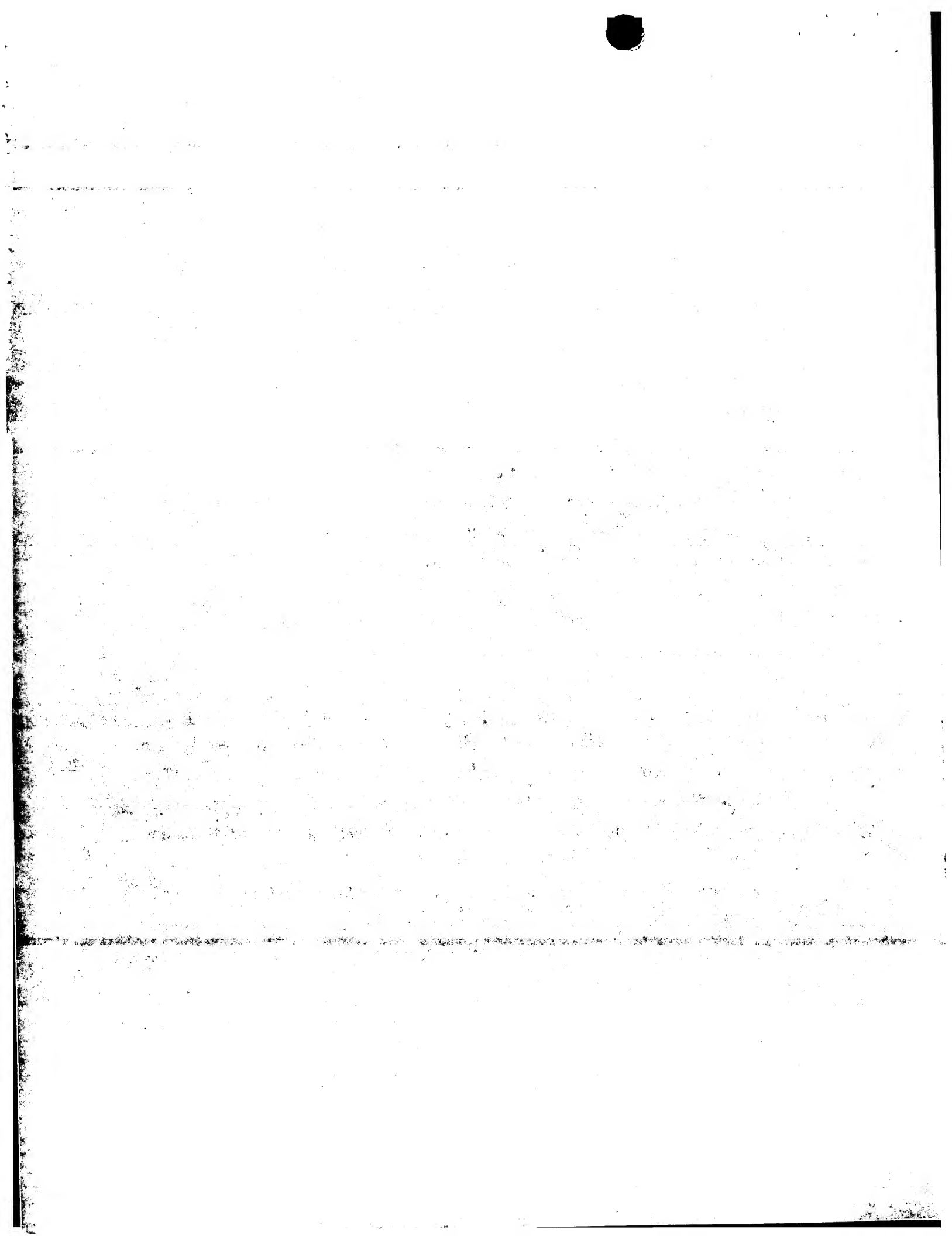
periodische Schattenmuster. Eine gleichmäßige Farbdarstellung auf großen Flächen wird möglich.

*in vorliegende
de. Abstr.*

- erfolgt*
- 2* *↑*
- 5 Vorzugsweise erfolgt die Beleuchtung mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl. Die Pulsdauer ist z.B. derart bemessen, daß die Bewegung des Laserstrahls über den Bildschirm keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm hat. Bevorzugt entsprechen die aufgenommenen Teilbereiche des Bildschirms der Größe von Bildpixeln oder größer. Insbesondere kann die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten Festkörperdauerstrichlaser erfolgen.
- 10 Bevorzugt erfolgt eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der Wellenlängenbereiche rot, grün, blau. Beispielsweise wird ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenenhologramm erzeugt. Auch kann ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt werden. Bevorzugt werden Laserstrahlen mit einer
- 15 Kohärenzlänge erzeugt, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl. Scangeschwindigkeit und Pulsdauer sind z.B. so aufeinander abgestimmt, daß die Bewegung des Laserstrahls während eines Pulses kleiner als $1/10$ der Wellenlänge ist.
- 20 Vorzugsweise erfolgt ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl. Die Verteilung der Belichtung kann gemessen werden, um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren. Auch können mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen durchgeführt werden, um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm
- 25 zu erzeugen. Weiterhin können mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern, wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls, durchgeführt werden. Bevorzugt erfolgt die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen der Grundfarben rot, grün, blau, die auf einer Strahlachse coaxial justiert sind.

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen hat eine schmalbandigen Lichtquelle zur Beleuchtung eines realen Bildschirms, die z.B. so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht mit einem Referenzstrahl



überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen, wobei weiterhin eine Scanvorrichtung zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm vorgesehen ist, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Dadurch können auch großflächige Bildschirmhologramme hoher Qualität einfach hergestellt werden.

Die Lichtquelle erzeugt vorzugsweise gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung. Die Lichtquelle umfaßt insbesondere ein Lasersystem, wie es nachfolgend beschrieben wird.

10 Das ^{verwendete} ~~erfindungsgemäße~~ Lasersystem zur Herstellung von RGB-Strahlen ist insbesondere für die Herstellung von Bildschirmhologrammen geeignet und umfaßt:
eine Laserstrahlquelle zur Erzeugung von Laserstrahlung,
eine Frequenzkonversionseinrichtung, und
einen optisch-parametrischen Oszillator, wobei die die Laserstrahlquelle einen gepulsten,
15 q-geschalteten Laser-Oszillator umfaßt.

Mit diesem Lasersystem können großflächige Bildschirmhologramme zur Farbprojektion mit hoher Bildqualität auf einfache Weise erzeugt werden.

20 Bevorzugt ist der q-geschaltete Laser-Oszillator ein Einfrequenz IR-Oszillator. Die Laserstrahlquelle hat z.B. einen Laserverstärker, der dem q-geschalteten Laseroszillator nachgeschaltet ist. Das erfindungsgemäße Bildschirmhologramm hat ein holografisches Aufnahmematerial, in dem ein realer Bildschirm als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein
25 Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen ergibt. Dadurch ergibt sich eine hohe Qualität bei der Bildwiedergabe, selbst bei einer großflächigen Realisierung des Bildschirmhologramms.

30 Bevorzugt ist das Bildschirmhologramm nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben, in denen

- Fig. 1 eine Anordnung zur Aufnahme eines Reflexions-Bildschirmhologramms als Kontakthologramm schematisch in Seitenansicht zeigt;
Fig. 2 eine Draufsicht auf die Anordnung gemäß Figur 1 zeigt;
5 Fig. 3 eine Anordnung zur Aufnahme eines Transmissions-Bildschirmhologramms als Kontakthologramm schematisch zeigt;
Fig. 4 eine Anordnung zur Aufnahme eines Bildschirm-Reflexionshologramm für Aufprojektion zeigt;
Fig. 5 eine Anordnung zur Aufnahme eines Transmissions-Bildschirmhologramms für
10 Rückprojektion als Bildebenenhologramm zeigt; und
Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Lasersystem schematisch zeigt.

Fig. 1 zeigt schematisch die Aufnahme eines Reflexionshologramms eines reellen Bildschirms als Kontakthologramm für die spätere Aufprojektion in Seitenansicht. Ein
15 holografisches Aufnahmematerial 12 befindet sich in Kontakt mit einem Bildschirm 11. Ein Laserstrahlbündel 13 aus einem schnell gepulsten Laser 16 wird über das Aufnahmematerial 12 in zwei Achsenrichtungen x und y flächendeckend mit Scannern 14 und 15 gescannt, z.B. mit einem kreisförmig geformten Laserstrahlfleck. In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf das holografische Aufnahmematerial 12 dargestellt. Der Laserstrahl 13
20 beleuchtet sukzessive einen Teilbereich 11a des Aufnahmematerials 12 und des dahinterliegenden Bildschirms 11. Auch anders geformte Laserflecke wie z.B. ein Rechteck können verwendet werden. Ein Teil der auffallenden Laserstrahlung 13 wird vom Hologramm bzw. Aufnahmematerial 12 durchgelassen und fällt auf den reellen Bildschirm 11, der Strahlung 17 als Objektlichtwellen wieder in das Hologramm 12 zurückstreut. Dort
25 treffen die Objektlichtwellen wieder auf den einfallenden Strahl 13 und bilden mit seinen Wellen holographische Interferenzmuster, die durch den Belichtungsprozess im Aufnahmematerial 12 als Hologramm gespeichert werden. Es können verschiedenste Scanfiguren, z.B. Rasterscan, Sinusscan oder Spiralscan verwendet werden.

30 Das Bildschirmhologramm wird also nicht als ganzes in einem Stück als Abbild des reellen Bildschirms 11 aufgenommen wird, sondern in einer sehr hohen Zahl von Einzelaufnahmen, in denen jeweils nur kleine Teile 11a des reellen Bildschirms 11 beleuchtet werden. Das ganze Bild des Bildschirms 11 ergibt sich dann als

Zusammensetzung bzw. Überlagerung der Vielzahl von Einzelaufnahmen, z.B. in der Art von Bildpixeln.

- Das erzeugte Bildschirmhologramm ist als Kontakthologramm bzw. als sogenanntes
- 5 Bildebenenhologramm ausgeführt, bei dem das projizierte Bild bei der Wiedergabe in der Hologrammebene erscheint. Durch das Einbelichten von Schirmen in den Grundfarben Rot, Grün und Blau in die gleiche Hologrammschicht 12 oder in drei aufeinander laminierte Schichten können später auch Farbbilder auf den holografischen Schirm projiziert werden.
- 10 Kontakthologramme haben den Vorteil eines einfachen optischen Aufbaus bei der Aufnahme. Das Hologramm wird deshalb, wie in Figur 1 gezeigt, auf den reellen Bildschirm 11, z.B. eine reflektierende Streuscheibe oder transmittierendes Mattglas, im Kontakt aufgelegt und gemeinsam mit dem Referenzstrahl ohne zusätzliche Objektausleuchtung
- 15 Hologramm 12 in Richtung zum Zuschauer der gleiche wie der des reellen Bildschirms in Bezug auf den Aufnahme-Lichtstrahl 13.

- Die Erfindung basiert auf der Tatsache, daß der holografische Bildschirm bzw. das Hologramm 12 die optischen Eigenschaften der Bildpixel, d.h. Helligkeit (Grauwert), Farbe,
- 20 Polarisation und Abstrahlwinkel nur einzeln für jedes Pixel vom Schirm wiedergeben muß. Eine optische Verknüpfung zwischen benachbarten Pixeln besteht nicht, und ein Bildschirm als Kontakt- oder Bildebenenhologramm hat nur eine zweidimensionale Struktur. Damit das Hologramm 12 diese Wirkungsweise eines flachen Bildschirms in der Hologrammebene wiedergeben kann, ist es deshalb nicht zwingend notwendig, den ganzen
- 25 reellen Bildschirm 11 in einer einzigen Belichtung über eine ausgedehnte Hologrammfläche aufzunehmen, wie es bei Hologrammen von dreidimensionalen Objekten der Fall ist, sondern der Bildschirm kann als zusammengesetzter oder mosaikartig aufgebauter Film von getrennten Einzelaufnahmen von Teilbereichen 11a eines Bildschirms ausgebildet sein. Diese Teilbereiche 11a können deshalb bis zu der Größe
- 30 eines einzelnen Bildpixel verkleinert werden.

Der holografische Bildschirm wird durch Belichtung des reellen größeren Bildschirms 11 mit einem schnell gepulsten Laserstrahl 13, der über die gesamte Fläche lückenlos

gescannt wird, aufgenommen. Damit die Bewegung des Strahles 13 über den Schirm 11 bzw. über das Aufnahmematerial 12 keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm 12 hat, wird sichergestellt, daß einerseits die Pulsdauer des Lasers 16 ausreichend kurz ist, und das andererseits die Kohärenzlänge des Laserlichtes für die
5 Ausbildung der Interferenzen ausreicht. Um eine besonders wirtschaftliche Herstellung des holografischen Schirms zu erreichen, ist die Pulswiederholfrequenz des Lasers 16 und seine mittlere Leistung ausreichend hoch, so daß sich eine kurze Belichtungszeit ergibt.

Geeignete Laser für diese Art von holografischer Belichtung sind z.B. leistungsstarke
10 schnell gepulste diodengepumpte infrarote Festkörperdauerstrichlaser mit nur einer einzigen longitudinalen Mode, deren Strahlung durch Frequenzkonversion in den roten, grünen und blauen Wellenlängenbereich verschoben wird. Das Abscannen der Bildschirmfläche kann mit handelsüblichen Laser-Strahl-Scannern durchgeführt werden.

15 Die Teilhologramme 11a sind mindestens so groß gewählt, daß keine Störungen, wie Kontrastverminderung, Farbverfälschung und Verminderung der Bildauflösung in der späteren Bildwiedergabe durch Lichtbeugung oder Feinstruktur der Hologramme selbst, auftreten. Solche Störungen sind nicht zu erwarten wenn die Teilhologramme 11a größer sind als die Bildpixel der Projektion. Andererseits kann die Größe und Form des
20 Teilhologramms 11a und die Scangeschwindigkeit so gewählt werden, daß mit den vorgegebenen Betriebsparametern des aufnehmenden Lasers, wie mittlere Leistung und Pulswiederholfrequenz, eine optimale Bestrahlung und homogene Ausleuchtung des Hologramms 12 erreicht wird, ohne daß der Wirkungsgrad der Aufnahme gleichzeitig durch Bewegung des Scanstrahles 13 herabgesetzt wird.

25

Allgemein muß zur Aufnahme von Objekthologrammen das Objekt selbst mit einem Objektstrahl und das Hologramm mit einem Referenzstrahl beleuchtet werden. Das von dem Objekt gestreute Licht wird dann im Hologrammfilm mit dem Referenzstrahl zur Überlagerung gebracht. Bei der hier gezeigten gepulsten Aufnahme, bei der nur ein Teil
30 11a des reellen Bildschirms 11 als Objekt und gleichzeitig ein Teil des Hologramms 12 direkt mit dem gepulsten Referenzstrahl 13 beleuchtet wird, werden die Belichtungen synchron überlagert durchgeführt. Dies läßt sich mit Kontakthologrammen, bei denen der Hologrammfilm 12 direkt auf den reellen Bildschirm 11 aufgelegt wird und der

Referenzstrahl 13 sowohl zur Beleuchtung des Hologramms 12 und zur Beleuchtung des Bildschirms 11 verwendet wird, leicht realisieren.

Bei Bildebenen hologrammen wird der Bildschirm mit einer Linse in das Hologramm
5 abgebildet. Damit die Teilbeleuchtung von Bildschirm mit Objektstrahl und Hologramm mit Referenzstrahl sich überlappen, müssen beide Scanstrahlen miteinander bei ihrer Bewegung so synchronisiert werden, daß der abgebildete Fleck vom Bildschirm im Hologramm und der Fleck des Referenzstrahles sich jedesmal decken.

10 Die Lichtwellen im Objektstrahl und Referenzstrahl müssen sich während der Belichtung im Hologramm kohärent überlagern. Dies bedeutet, daß die Kohärenzlänge des verwendeten Beleuchtungslasers 16 mindestens so groß oder größer sein muß als die Differenz der Lichtwege zwischen den Wellen des Objekt- und Referenzstrahl, die aus einem gemeinsamen Strahl stammen, bis sie sich wieder im Hologramm 12 treffen. Diese
15 Forderung kann im Sinne der Erfindung durch eine entsprechende Auslegung der Strahlführung und Aufbauten der Hologramme mit der Kohärenzlänge der verfügbaren Lasern in Einklang gebracht werden.

Die Bewegung der interferierenden Wellen im Hologramm durch die scannenden Strahlen
20 (Objektstrahl und Referenzstrahl) während der Pulsdauer gegeneinander und gegenüber dem Hologrammfilm beträgt nicht mehr als Bruchteile der Wellenlänge ($< \lambda/10$). Diese Bedingung wird durch eine entsprechende Einstellung der Scangeschwindigkeit im Verhältnis zu der Pulsdauer des Lasers erfüllt. Bei einer Pulsdauer von 10 ns und einer Scangeschwindigkeit von 5 m/sec ist die Bewegung des Strahles z.B. 50 nm was etwa
25 $\lambda/10$ entspricht.

Bei Scannen mit gepulster Strahlung mit konstanter Leistung von Puls zu Puls, kann eine große Hologrammfläche mit gleichmäßiger mittlerer Intensitätsverteilung abgedeckt werden, jedoch wird die Belichtung, d.h. die Lichtintensität mal Zeit, je nach dem
30 Verhältnis Scangeschwindigkeit zur Pulswiederholfrequenz des Strahles mit Gauß-Intensitätsprofil über die ganze Fläche entlang der Scanspur periodisch moduliert sein. Die Erfindung sieht deshalb weiterhin vor, daß diese periodische lokale Ungleichmäßigkeit der Beleuchtung, sowie auch Inhomogenitäten in der Hologrammdicke, z.B. bei mosaikartiger

Verlegung mehrere Hologramme nebeneinander, durch mehrmaliges Abscannen der gleichen Fläche mit phasenverschobenem Scanstrahl, bzw. durch Regelung der Pulsleistung, ausgeglichen werden. Hier nutzt die Erfindung z.T. die Eigenschaft von Hologrammaufnahmen aus, daß in einem einzigen Hologramm mehrere

- 5 Objektbelichtungen überlappend und unabhängig voneinander gespeichert werden können.

- Damit dieser Belichtungsvorgang automatisch ablaufen kann, wird in einer nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung die Verteilung der Belichtung durch einen
- 10 kalibrierten Rückstreusensor, der im Strahlengang des Beleuchtungslasers koaxial zum gepulsten Belichtungsstrahl angeordnet ist, überwacht. Alternativ dazu können Überwachungskameras die Laserbeleuchtung über die gesamte Hologrammfläche ständig vermessen. Das damit gewonnene Belichtungsmuster kann von einem Microprozessor, bzw. Computer gespeichert und bei nachfolgenden nochmaligen Scanzyklen über die
- 15 gesamte Hologrammfläche durch Regelung der Laserlichtintensität und Flächenverteilung der Scanfigur zur nachträglichen Korrektur der Belichtung der vorhergehenden Belichtungsmuster verwendet werden.

- Nach dem Entwicklungsprozess sind die optischen Eigenschaften des Bildschirms in dem
- 20 Hologramm 12 gespeichert. Vorzugsweise werden sogenannte dicke Hologramme (10 -20 μm) verwendet, z.B. aus Photopolymer, Dichromatgelatine oder Silber-Halogenid Materialien. Dicke Hologramme haben gegenüber dünnen Hologrammen den Vorteil, daß sie besonders selektiv Licht mit der gleichen Wellenlänge wie bei der Aufnahme herausbeugen, und zwar nur dann, wenn der Einfallswinkel des Rekonstruktionsstrahles
- 25 der gleiche ist wie der Einfallswinkel des Referenzstrahles bei der Aufnahme.

- Die optimale akkumulierte Belichtung der Hologramme ist für jedes Material und für jede Wellenlänge verschieden, z.B. liegt sie für Photopolymermaterialien bei etwa $25 \text{ mJ}/\text{cm}^2$, d.h. zur Belichtung von 1 m^2 mit einem Laser 1 W mittlerer Leistung würden 250 Sekunden
- 30 oder etwa 4 Minuten benötigt. Bei Silberhalogenidfilmen ist nur eine Belichtung von etwa $0,5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ notwendig, wodurch die Belichtungszeit entsprechend gekürzt werden kann.

Bildebenenhologramme sind Aufnahmen von mit Linsen oder Spiegeln abgebildeten Schirmen, die in der Hologrammebene liegen. Der Abstrahlwinkel dieser Hologramme, kann durch die Abbildungsgeometrie erheblich eingeengt werden, mit einer entsprechenden Zunahme der Helligkeit des Bildes, was für viele Anwendungen von
 5 großem Vorteil ist.

Fig. 3 zeigt eine Aufnahme eines Kontakthologrammes von einem Bildschirm 31 als Transmissionshologramm 32. Hier ist es notwendig, daß ein Referenzstrahlenbündel 33, dessen Strahlengang mit dem Projektionsstrahl bei der späteren Bildwiedergabe
 10 zusammenfällt, als konvergentes Teilstrahlenbündel eines gepulsten Lasers 39 auf das Hologramm 32 fällt. Die Interferenzstrukturen, die sich dann im Hologramm 32 durch die Überlagerung von Streulichtes 30 aus dem Schirm 31 mit dem Referenzstrahlbündel 33 ausbilden, entsprechen dann einer Bildwiedergabe in Rückprojektion aus dem Schnitt- bzw Projektionspunkt 36, d.h. der Verlängerung des Strahlenbündels 33. Bei der Projektion
 15 steht der Betrachter dann gegenüber dem späteren Projektionspunkt 36 auf der entgegengesetzten Seite des Hologramms 12. Die Herstellung eines konvergenten Strahlenbündels aus einem Zweiachsen-Scanner 34 und 35 läßt sich am einfachsten über einen langbrennweitigen Spiegel 37 herstellen, der den Quellenpunkt des Scanners 38 in den Schnittpunkt 36 abbildet. Das Hologramm 32 und der reelle Bildschirm 31 sind dann
 20 in einer Schnittebene dieses Strahlenganges des Teilstrahlenbündels 33 platziert.

Fig. 4 zeigt eine Aufnahme eines Transmissionshologramms als Bildebenenhologramm für die Rückprojektion. Hier wird ein reeller Bildschirm 41 mit Hilfe einer Linse 46 auf ein Hologramm 42 abgebildet. Gleichzeitig fällt ein Referenzstrahlbündel 43 von der anderen
 25 Seite auf das Hologramm 42. Die beiden Scanner mit x-y-Scannerspiegeln ⁴⁷57 und ⁴⁸58 bzw. ^{47'}57' und ^{48'}58' werden so synchronisiert, daß die beiden Beleuchtungsflecken des Referenzstrahlbündels 43 und der beleuchteten Fläche 40 des reellen Schirms im Hologramm 41 synchron überlagert werden. Die Beleuchtungsstrahlen für den reellen Schirm 42 und für das Referenzstrahlbündel 43 werden mittels Teilerspiegel 44 und
 30 Umlenkspiegel 44' aus dem gemeinsamen Laser 49 geteilt und umgelenkt.

Fig. 5 zeigt eine Aufnahme eines Bildebenenhologramms als Reflexionshologramm für die spätere Aufprojektion. Dabei wird ein reeller Schirm 51 in eine Hologrammebene 52 mit

Hilfe einer Linse 56 abgebildet und das Abbild wird dort mit einem Referenzstrahlenbündel 53 synchron überlagert. Mit Hilfe eines Teilerspiegels 54 kann ein Teil des Referenzstrahlbündels 53 für die Ausleuchtung des reellen Schirmes 51 verwendet werden. Zusätzliche Hilfsspiegel sind notwendig um die Raumspiegelung der Linse 56 zu kompensieren, was hier für die eine Raumebene am Beispiel des Hilfsspiegels 55 gezeigt wird. Zur gleichzeitigen Abtastung von Schirm 51 und Hologramm 52 dient hier die Verwendung von nur einem Scannerspiegelpaar 57 und 58 vor dem gepulsten Laser 59.

Um die Aufnahme von drei- oder mehrfarbigen Schirmen z.B. der rgb-Farben, zu erleichtern, werden die Strahlen von drei rgb-Lasern oder eines Lasers mit dreifarbigem rgb-Emission auf eine gleiche Strahlachse coaxial justiert. Die drei Farben sind während eines gemeinsamen Scannes und Belichten des Schirmes und des Hologrammes mit dem Referenzstrahl, gleichzeitig am reellen Bildschirm. Der Referenzstrahl stellt ebenfalls eine Überlagerung von drei rgb-Teilstrahlen dar.

Diese gleichzeitige Aufnahme aller drei rgb-Farben im gleichen Hologramm setzt natürlich voraus, daß das Hologramm-Material für alle Farben photoempfindlich ist. Dies gilt aber für eine Reihe von Photopolymer und Silberhalogenidfilme, sowie für einzelne Dichromatgelatine.

Zur Aufnahme der hier beschriebenen Bildschirmhologramme mit schnell gepulster rgb-Beleuchtung werden moderne diodengepumpte, q-geschaltete Infrarot-Festkörperlaser mit einer Emission in nur einer longitudinalen Resonatormode verwendet. Die Laser werden durch klassische Frequenzkonversion wie Frequenzverdopplung, optisch parametrischen Prozessen und Summen- und Differenzfrequenzbildung in verschiedenen nicht-linearen Kristallen auf die rgb-Emission bei den geeigneten rgb Wellenlängen eingestellt.

Es können getrennte Laser für die einzelnen Farben verwendet werden, aber vorteilhafter ist es, Laser zu verwenden, die einen einzigen gemeinsamen q-geschalteten Laser-Oszillator besitzen. Die Laser haben nachgeschaltete, gemeinsame Verstärkerstufen und einen gemeinsamen optisch-parametrischen-Oszillator, der die Grundwelle des Lasers bzw. seine frequenzverdoppelte Welle in zwei Teilwellen längerer Wellenlänge (Idler und Signalwelle) aufspaltet. Eine anschließende Strahltrennung dient zur Trennung der

Primärstrahlung in verschiedene Strahlzweige, wo verschiedene weitere Frequenzkonversionen wie Frequenzverdopplung, Frequenzsummation und - Differenzbildung zur Herstellung der einzelnen Farben stattfinden.

- 5 Ein wesentlicher Vorteil eines solchen gemeinsamen Primärlasers liegt darin, daß die Emission aller drei rgb-Farbzweige vollkommen synchron mit gleicher Pulswiederholfrequenz, in fester Phase und mit vergleichbarer spektraler Breite, Kohärenzlänge und Strahldivergenz abgegeben wird. Dies ermöglicht eine gemeinsame Aufnahme von den Bildschirmhologrammen in allen Farben gleichzeitig.

10

RGB-Laser, die auf diesem Grundkonzept eines gemeinsamen Primärlasers mit nachfolgender Frequenzkonversion in passiven nicht-linearen Kristallen bis zu den drei rgb-Farben beruhen, werden z.B. in der oben genannten Patentschrift DE 195 04 047, „Lasersystem für Farbbildprojektion“ und in der Patentschrift DE 44 32 029,

15

„Lasergestützte Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung“ beschrieben. Die dort beschriebenen diodengepumpten Festkörperlaser werden im mode-locked Dauerstrichbetrieb betrieben. Sie haben aber bezüglich der Aufnahme von Bildschirmhologrammen den Nachteil, daß sie ein breites Frequenzspektrum einzelner longitudinaler Moden d.h. geringer Kohärenzlänge in der Primäremission sowie nach der

20

Frequenzkonversion emittieren.

Fig. 6 zeigt einen erfindungsgemäßen Laser, der für die oben beschriebenen gepulsten Bildschirmhologrammaufnahmen besonders geeignet ist. Dabei ist anstatt eines mode-locked-lasers ein schnell gepulster, q-geschalteter-Einfrequenz-IR-Oszillator 61 eines Nd-

25

Lasers wie Nd:YLF, Nd:YAG oder Nd:YVO vorgesehen. D.h., der Oszillator 61 hat eine einzige longitudinale Mode. Die Leistungsverstärkung der Pulse erfolgt in einem Festkörperlaserverstärker 62 gleicher Materialien. Ein optisch-parametrischer-Oszillator 65 ist für eine anschließende Frequenzaufspaltung vorgesehen. Dieser kann über die Temperatur des nichtlinearen Materials und/oder durch Einstellung der Achsenwinkel im Strahlengang in seiner Wellenlänge eingestellt werden. Dadurch kann bei der

30

anschließenden Frequenzkonversion auch die Wellenlänge der rgb-Nutzstrahlung eingestellt werden. Dies ist vorteilhaft, um die Aufnahmewellenlänge an die spätere Wiedergabewellenlänge genau anzupassen. Es erfolgt auch eine Frequenzverdopplung und

Summenfrequenzbildung. Der Oszillator 61 ist ein q-geschalteter Nd:YAG im longitudinalen Einmodenbetrieb. Der Laserverstärker 62 ist eine Nd:YAG oder Nd:YVO Verstärkerkette. Weiterhin ist ein Frequenzverdopplerkristall 63 vorgesehen, sowie Strahlteiler 64, 64' zur Trennung der fundamentalen Strahlung des Primärlasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ von der frequenzverdoppelten grünen Strahlung $\lambda_2 = 0,53 \mu\text{m}$. Der optisch-parametrische-Oszillator 65 wird mit dem grünen Strahl λ_2 gepumpt und so eingestellt, daß er zwei signal- und idler Strahlen (λ_s bzw. λ_i) generiert, die eine geeignete Wellenlänge für eine anschließende Summenfrequenzbildung in Summenfrequenzgeneratoren 66, 67 aufweisen. Die Wellenlängen λ_s und λ_i sind dabei so gewählt, daß die Summenfrequenzbildung mit den Strahlen der fundamentalen Wellenlänge des Lasers $\lambda_1 = 1,06 \mu\text{m}$ (bzw. $1,04 \mu\text{m}$), die nach der Frequenzverdopplung übrig bleibt, zu geeigneten Wellenlängen von Rot und Blau führt. Die Farbe Grün wird dagegen als Teil der frequenzverdoppelten Strahlung des Primärlaser über Abspaltung durch den einfachen Strahlteiler 64, 64' übernommen.

Der vorgeschlagene schnell gepulste q-geschaltete Laser 61 ist ein Dauerstrichlaseroszillator mit nur einer longitudinalen Grundmode, die in einem gepulsten Betrieb des Resonators betrieben wird. Ein Laser dieser Art ist z.B. ein diodengepumpter Festkörper-Micro-Chip-Laser wie z.B. Nd:YAG bei der Laserwellenlänge $1,06 \mu\text{m}$ mit einem so kurzen Resonator, daß er nur auf einer longitudinalen Mode anschwingt. Mit einem internen passiven Güteschalter, z.B. aus dem bekannten Cr:YAG-Material, kann er durch die Dotierung mit Cr-Ionen z.B. auf 20 kHz Pulsfrequenz mit einer Pulsdauer von 10 ns eingestellt werden.

Die IR-Emission des Lasers 61 wird nun in dem nachfolgendem Verstärker 62, z.B. mit dem Kristall Nd:YAG oder Nd:YVO, um ein Faktor 10-100 hochverstärkt, ohne daß störende höhere longitudinale Moden entstehen, auch bei Beibehaltung der guten Strahlqualität des Oszillators. Nach der Verstärkung wird der gepulste Strahl dann noch bis zu der erwünschten grünen Wellenlänge 532 nm frequenzverdoppelt, was hier in einem KTP-Kristall 63 geschieht. Nach der Frequenzverdopplung, die mit einer Effizienz von etwa 30% geschieht, bleibt ein Teil der Primärstrahlung mit einer Wellenlänge von $1,06 \mu\text{m}$ für die weitere Verwendung in anschließenden Stufen übrig.

Eine zweite Möglichkeit ist die Verwendung von passiv gütegeschalteten Nd:YAG - Ringlasern mit gleichem Cr⁺⁺-YAG-Güteschalter, ähnlicher Pulswiederholfrequenz, aber besserer Frequenzstabilität und höhere mittlere Leistung. Mit anschließenden Verstärkerstufen wie im vorigen Fall kann eine mittlere Leistung von 10-30 W in einer longitudinalen Mode erzeugt werden

Eine Möglichkeit liegt in der Verwendung eines mit einem akusto-optischen Schalter aktiv-gütegeschalteten Laser mit internem Etalon zur Einstellung eines Einmodenbetriebes, was aber gegenüber dem zweiten Verfahren etwas aufwendiger ist.

10

Q-geschaltete Dauerstrichlaser der hier beschriebenen Art haben eine Pulswiederholfrequenz von 10-20 kHz, eine Pulsbreite von 5-20 ns und eine Frequenzbandbreite der Laseremission unter 100 MHz. Sie können mit einer Verstärkerstufe so ausgelegt werden daß nach der Frequenzverdopplung 1 W grüne Emission entsteht, und mit zwei oder drei Stufen bis 10 W grüne Strahlung und 30 W infrarote Strahlung im Mittel generiert wird. Nach der Konversion im optisch-parametrischen-Oszillator 65 und weiterer Frequenzverdopplung bzw. Summenfrequenzbildung können dann alle rgb-Strahlen mit einer mittleren Leistung von einigen Watt hergestellt werden. Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist auch, daß die Farben Blau und Rot durch Einstellung der Wellenlängen der Idler- und Signalwellenlänge λ_s, λ_i im optisch-parametrischem-Oszillator 65 zur Anpassung an die Wellenlänge der späteren Bildprojektionslaser kontinuierlich verschoben werden können.

20

Mit den charakteristischen Laserdaten sind solche Lasersysteme für die Aufnahme der Bildschirmhologramme besonders gut geeignet. Beträgt z.B. die Pulsdauer des Lasers 10 ns und die Scangeschwindigkeit 5 m/sec, dann bewegt sich der Strahl während dieser Pulsdauer lateral um 5×10^{-8} m, was 1/10 der Wellenlänge bei z.B. 500 nm entspricht. Diese kleine Verrückung hat keinen bemerkbaren Einfluß auf die Güte des Interferenzmusters in dem Hologramm haben. Wäre die Pulsfrequenz z.B. 20 kHz, würde sich der Strahl von Puls zu Puls bei dieser Scangeschwindigkeit um 1/4 mm fortbewegen.

25

30

Die Kohärenzlänge eines $\Delta t = 10$ ns Einmoden Pulses beträgt etwa $\Delta t \cdot c = 3$ m, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Differenz der Laufwege des Objekt- und Referenzstrahles darf

/grüß

diesen Wert nicht überschreiten, was bei allen vorgeschlagenen Aufbauten der Hologramme leicht eingehalten werden kann.

Bildschirmhologramme können also entweder für eine Aufprojektion als

- 5 Reflexionshologramm oder für eine Rückprojektion als Transmissionshologramm ausgelegt sein. Für beide Verfahren eignet sich entweder die Aufnahme im Kontaktverfahren mit dem reellen Bildschirm, oder als Bildebenenhologramm, d.h. nach einer Abbildung des Bildschirmes auf das Hologramm, wie oben dargestellt. In allen Fällen wird gleichzeitig der Objektstrahl und Referenzstrahl synchron über das Hologramm bewegt.

10

Nur Lichtwellen mit gleicher linearer Polarisierung können miteinander interferieren und als holographisches Abbild von Schirmen in einem Hologramm gespeichert werden, d.h. nur Lichtwellen der gleichen linearen Polarisierung im Referenzstrahl und Objektstrahl können zur der Bilderzeugung des Bildschirmes beitragen. Vorzugsweise sind deshalb die für die

15 Aufnahme der Hologramme verwendeten Laser streng linear polarisiert, um die Effizienz und Homogenität der Beleuchtung über die gesamte Hologrammfläche zu gewährleisten. Da die meisten Laser mit guter Strahlqualität von Hause aus streng linear polarisiert sind, bedeutet dies keine Einschränkung der Aufnahmetechnik.

- 20 Für die Aufnahme von Bildschirmen für stereoskopische Bildwiedergabe werden Bildschirmmaterialien verwendet, die einen auffallenden linear polarisierten Lichtstrahl in Rückstreuung bzw. in Vorwärtsstreuung depolarisieren. Dies ist bei sehr vielen Leinwandmaterialien für Rückprojektion mit guter Oberflächenfeinrauhigkeit, bzw. leichter Volumenstreuung und bei fast allen Leinwänden mit starker Volumenstreuung für
- 25 Rückprojektionen der Fall. Da der Referenzstrahl auch eine strenge lineare Polarisationsrichtung des Lasers hat, wird bei einer Aufnahme eines reellen Bildschirmes diese Polarisationsrichtung im Hologramm beibehalten. Werden nun von gleichem Schirm hintereinander zwei Aufnahmen gemacht, wobei die Polarisationsrichtung des Referenzstrahles von der einen zur anderen um 90° gedreht wird, entstehen im gleichen
- 30 Bildschirmhologramm zwei unabhängige Schirmbilder, wobei jedes nur auf einen Projektionsstrahl mit bestimmter Polarisationsrichtung wirksam ist. Beide Schirmbilder sind auf zueinander orthogonale polarisierte Projektionsstrahlen wirksam. Damit sind die

Voraussetzungen für die Projektion zueinander orthogonal polarisierter Stereobilder und ihre stereoskopische Betrachtung mit Polarisationsbrillen gegeben.

- Die Umschaltung der Polarisation um 90° im Referenzstrahl kann in einer sehr einfachen
- 5 Weise durch Drehen einer $\lambda/2$ -Platte im Strahlengang hinter der Austrittsapertur eines streng linear polarisierten Beleuchtungslasers durchgeführt werden.

- Werden mehrere Bildschirmaufnahmen vom gleichen Schirm hintereinander in das gleiche Hologramm bei verändertem Ort des ganzen Schirmes oder des Ursprungsort des
- 10 Referenzstrahles gemacht, dann überlagern sich störende Specklebilder kohärent mit statistischer Größenverteilung. In der Summe stellen sie nach den Belichtungen einen neuen virtuellen Schirm dar, der eine wesentlich höhere Feinstruktur als die reelle Schirmvorlage hat. Dies führt zu einer Verschiebung des ganzen Erscheinungsbildes zu größeren Speckles, die dann bei der anschließenden Bildwiedergabe durch leichte örtliche
- 15 oder zeitliche Modulation des Projektionsstrahles leichter behoben werden können. Es wird also die Eigenschaft von Hologrammen genutzt, mehrere Bilder mit leicht veränderten Aufnahmebedingungen übereinander aber unabhängig voneinander im gleichen Hologramm zu speichern. Auch bei Bildschirmhologrammen, die mit gepulsten Lasern aufgenommen werden, kann so die Größe der störenden Bildspeckles, die bei der Bildwiedergabe mit
- 20 Lasern entstehen, verändert werden.

- Das hier beschriebene Verfahren der Aufnahme eines streuenden holografischen Bildschirmes kann auch verwendet werden, um die Funktion eines planen Spiegels, der im Grunde genommen nur ein Grenzfall einer streuenden Fläche darstellt, aufzunehmen.
- 25 Solche holografische Spiegel können wegen ihrer Selektivität in der Wellenlänge als Hilfselemente in den Aufnahmevorrichtungen bzw. in den Projektoren vorteilhaft eingesetzt werden.



Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, bei dem ein realer
Bildschirm (11; 31; 41; 51) mit schmalbandigem Licht beleuchtet wird um ein
5 Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, wobei jeweils nur ein
Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) beleuchtet wird, so daß
10 sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das
Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung mit
einem scannenden, gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt.
- 15 3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsdauer derart
bemessen ist, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) über den
Bildschirm (11; 31; 41; 51) keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im
Hologramm hat.
- 20 4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, daß die aufgenommenen Teilbereiche (11a) des Bildschirms (11;
31; 41; 51) mindestens der Größe von Bildpixeln entsprechen.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, daß die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten
Festkörperlaser (16) erfolgt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
30 gekennzeichnet, daß eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der
Wellenlängenbereiche rot, grün, blau erfolgt.

D1: N

D2: N

D7: N

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmebenenhologramm erzeugt wird. *FL✓*
- 5 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt wird. *entl. Schritte D1: NV✓*
- 10 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) mit einer Kohärenzlänge erzeugt werden, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl. *D1: NV✓*
- 15 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Scangeschwindigkeit und Pulsdauer so aufeinander abgestimmt sind, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) während eines Pulses kleiner ist als $1/10$ der Wellenlänge.
- 20 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt
- 25 12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung der Belichtung im Hologramm gemessen wird um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren.
- 30 13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) durchgeführt werden um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm (12; 32; 42; 52) zu erzeugen.



14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls durchgeführt werden.

5

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) der Grundfarben rot, grün, blau erfolgt, die auf einer Strahlachse koaxial justiert sind.

D7: NV ✓

10

16. Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, mit einer schmalbandigen Lichtquelle (16; 39; 49; 59; 60) zur Beleuchtung eines realen Bildschirms (11; 31; 41; 51), die so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht (17; 30; 40; 50) mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des

15

Bildschirms zu erzeugen,
gekennzeichnet durch
eine Scanvorrichtung (14, 15; 34, 35; 47, 48, 47', 48'; 57, 58) zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt.

20

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung erzeugt.

25

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) ein Lasersystem nach einem der Ansprüche 19 bis 20 umfaßt.

30

19. Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen mittels RGB-Strahlen, mit einer Laserstrahlquelle (61, 62) zur Erzeugung von Laserstrahlung (13; 33; 43; 53), einer Frequenzkonversionseinrichtung (63), und einem optisch-parametrischen Oszillator (65),
dadurch gekennzeichnet,
daß die Laserstrahlquelle einen gepulsten, q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laser-Oszillator (61) umfaßt.

D3: E

→ abhängig machen

20. Lasersystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die
Laserstrahlquelle einen Laserverstärker (62) umfaßt, der dem q-geschalteten
Einfrequenz-IR-Laseroszillator (61) nachgeschaltet ist.
21. Bildschirmhologramm mit einem holografischen Aufnahmematerial (12; 32; 42; 52),
in dem ein realer Bildschirm (11; 31; 41; 51) als Hologramm gespeichert ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen
jeweils ein Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) als Hologramm
abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den
zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen (11a) ergibt.
22. Bildschirmhologramm nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß es nach
dem Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt ist.

FW

D1: N
D2: ND1: N
D2: N



Zusammenfassung

Bei einem Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen wird ein realer Bildschirm (11) mit schmalbandigem Licht (13) beleuchtet um ein Hologramm (12) des realen Bildschirms zu erzeugen. Dabei wird eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt, wobei jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms in das Hologramm (12) abgebildet wird. Die Einzelaufnahmen erfolgen z.B. mittels einem scannenden, gepulsten Laserstrahl. Die Einzelaufnahmen setzen sich zum Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms (11) zusammen. Eine Aufnahmevorrichtung umfaßt eine Scanvorrichtung zum Führen der Lichtstrahlung (13) über den Bildschirm (11) und eine Lichtquelle (16), die gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Die Lichtquelle (16) ist z.B. ein Lasersystem mit einem gepulsten, q-geschalteten Oszillator und mit einem optisch-parametrischen Oszillator.

[Figur 1]

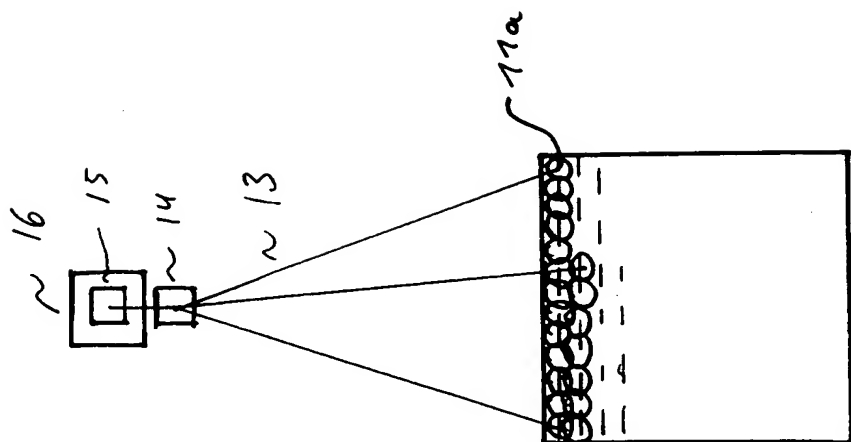


Fig. 2

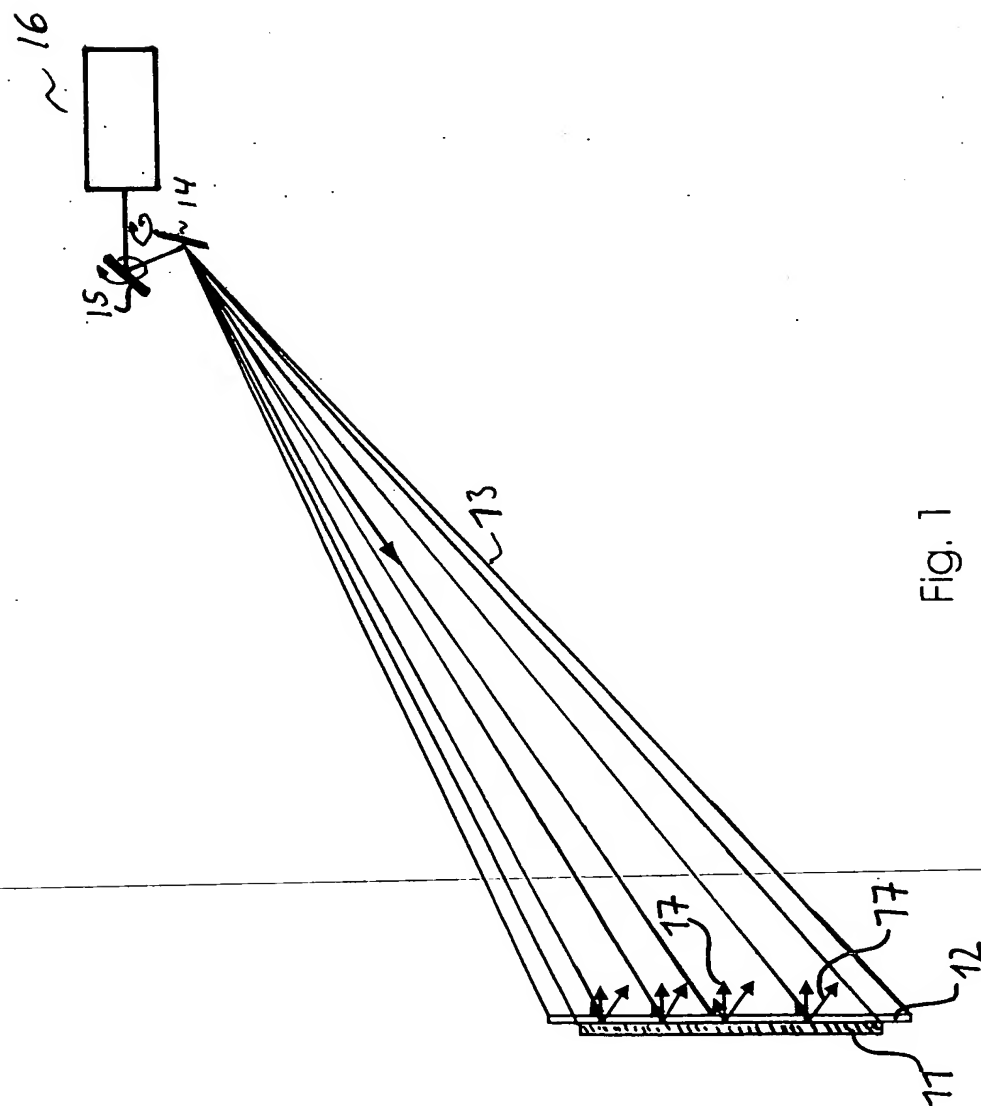


Fig. 1

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. Februar 2001 (01.02.2001)

PCT

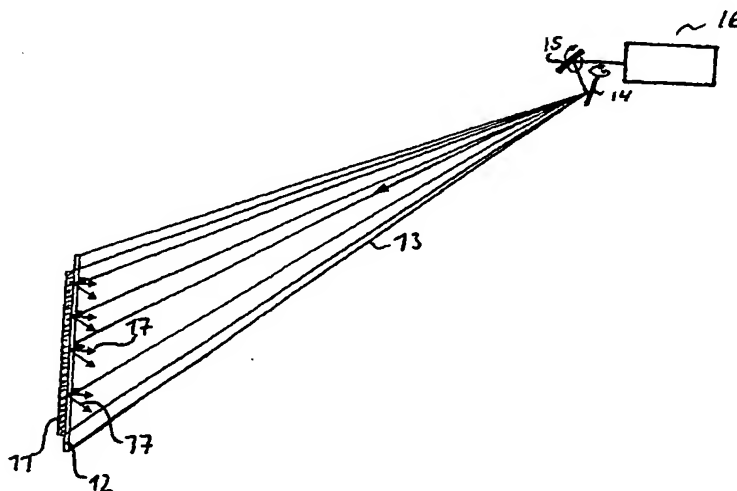
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/07942 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G02B 5/32, (72) Erfinder; und
G03H 1/04 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HALLDORS-
SON, Thorsteinn [IS/DE]; Carl-Zuckmayer-Strasse 17,
D-81927 München (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02220
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juli 2000 (06.07.2000) (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
199 34 162.1 21. Juli 1999 (21.07.1999) DE Veröffentlicht:
— Mit internationalem Recherchenbericht.
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen
eintreffen.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE/DE];
D-81663 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD, DEVICE AND LASER SYSTEM FOR PRODUCING SCREEN HOLOGRAMS, AND SCREEN HOLO-
GRAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, VORRICHTUNG UND LASERSYSTEM ZUR HERSTELLUNG VON BILDSCHIRMHO-
LOGRAMMEN, SOWIE BILDSCHIRMHOLOGRAMM



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing screen holograms in which a real screen (11) is illuminated with narrow-band light (13) in order to produce a hologram (12) of the real screen. To this end, a multitude of individual shootings is carried out, whereby only one partial area of the real screen is mapped in the hologram (12). The individual shootings are carried out, for example, using a scanning pulsed laser beam. The individual shootings assemble to form a screen hologram of the entire screen (11). A recording device comprises a scanning device for guiding the luminous radiation (13) over the screen (11) and comprises a light source (16) which generates the pulsed luminous radiation. The light source (16) is, for example, a laser system comprising a pulsed, q-switched oscillator and an optical parametric oscillator.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/07942 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen wird ein realer Bildschirm (11) mit schmalbandigem Licht (13) beleuchtet, um ein Hologramm (12) des realen Bildschirms zu erzeugen. Dabei wird eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt, wobei jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms in das Hologramm (12) abgebildet wird. Die Einzelaufnahmen erfolgen z.B. mittels einem scannenden, gepulsten Laserstrahl. Die Einzelaufnahmen setzen sich zum Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms (11) zusammen. Eine Aufnahmevorrichtung umfaßt eine Scanvorrichtung zum Führen der Lichtstrahlung (13) über den Bildschirm (11) und eine Lichtquelle (16), die gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Die Lichtquelle (16) ist z.B. ein Lasersystem mit einem gepulsten, q-geschalteten Oszillator und mit einem optisch-parametrischen Oszillator.

**V rfahren, Vorrichtung und Las rsyst m zur Herstellung von
Bildschirmh l grammen, s wie Bildschirmhol gramm**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zur Herstellung
5 von Bildschirmhologrammen, sowie ein Bildschirmhologramm, gemäß den Oberbegriffen
der Patentansprüche 1, 16, 19 und 21.

Bildschirmhologramme, die als holografische Abbilder von reellen, weißen Bildschirmen
oder Bildschirmleinwänden hergestellt und mit Lasern in den Grundfarben Rot Grün und
10 Blau (rgb) aufgenommen werden, haben den Vorteil, daß sie nur in einem engen
Spektラルbereich um die Aufnahmewellenlänge und gleichzeitig nur innerhalb eines sehr
begrenzten Projektionswinkels um die Einfallsrichtung des Referenzstrahles bei der
vorhergehenden Hologrammaufnahme wirksam sind. Die Funktionsweise solcher Schirme
bzw. holografischer Bildschirme ist in den deutschen Patentanmeldungen Nr. 19700162.9
15 und Nr.19703592.2 ausführlich beschrieben.

Als Lichtquellen für die Projektion können vor allem rgb-Laser im Dauerstrichbetrieb und
gepulstem Betrieb sowie rgb-Leuchtdioden verwendet werden. Der Bildaufbau kann
wahlweise durch das seriellen Scannen eines kollimierten Laserstrahles oder durch die
20 Abbildung eines Bildmodulators im aufgeweiteten Strahl eines Lasers oder einer
Leuchtdiode auf den Schirm durchgeführt werden. Holografische Bildschirme können
sowohl für Aufprojektion als auch für Rückprojektion hergestellt werden. Wegen ihrer
Wellenlängen- und Richtungsselektivität können selbst in Tageslichtumgebung helle,
kontrastreiche und farbtreue Bilder auf Bildschirmhologramme projiziert werden. Der
25 Projektor mit den schmalbandigen Lichtquellen wird an den Strahlursprung des
divergenten Referenzstrahles plaziert. Nur von dort aus wird das Projektionslicht effizient
aus dem Hologramm zum Zuschauer herausgebeugt, wobei z.B. das diffuse, breitbandige
Umgebungslicht aus allen anderen Einfallsrichtungen das Bildschirmhologramm
ungehindert durchqueren kann.

30

Für die Wiedergabe bzw. die Projektion von Bildern auf Bildschirmhologramme werden z.B.
rgb-Laser verwendet, wie sie in „RGB Optical Parametric Oscillator Source“, K. Snell et al,

Aerosense 99 und in den Patentschriften DE 195 04 047 und DE 44 32 029 beschrieben werden.

Die möglichen Anwendungen von Bildschirmhologrammen erstrecken sich über das weite Gebiet von kleinen Displays, z.B. für nur eine einzige Person in Fahrzeugen und Flugzeugen oder an Arbeitsplätzen im Büro, bis zu Großflächenschirmen für mehrere Zuschauer bei Veranstaltungen.

Die kleineren Displays können mit frequenzstabilen rgb-Dauerstrichlasern aufgenommen werden. Nachteilhaft sind dabei die hohen Anforderungen an die Stabilität des Lasers und des Strahlenganges und der damit verbundene große Aufwand, der mit hohen Kosten verbunden ist.

Eine Bilddarstellung auf großen Bildschirmhologramme, die unabhängig vom Umgebungslicht ist, wäre z.B. für verschiedenste Anwendungen im Heim- und Bürobereich, für Fernsehen, Computer, elektronisches Kino und für Vorführungen in Vortragssälen, Kino und im Freilufttheater sehr attraktiv. Jedoch bereitet die Herstellung von größeren Bildschirmen, z.B. in der Größe von Schreibmaschinenpapier (DINA4) oder größer, erhebliche technische Schwierigkeiten.

Erstens ist die Ausgangsleistung der stärksten Dauerstrichlaser für die Hologrammaufnahmen heute nur auf einige Watt limitiert, was bei Belichtung der besonders geeigneten Silberhalogenid- und Photopolymermaterialien ab 1 m² Größe eine Belichtungszeit von mehreren zehn Minuten erfordert. Für diese langen Belichtungszeiten sind die Anforderungen an die mechanische und thermische Stabilität des Materials, an die optischen Komponenten des Strahlengangs und an die Frequenzstabilität des Lasers besonders hoch.

Zweitens muß der Objekt- und Referenzstrahl bei der Hologrammaufnahme auf Kosten der Lichtleistung über die Größe des Bildschirms und des Hologramms aufgeweitet werden, denn die radiale Intensitätsverteilung ist über den Laserstrahl nicht konstant, sondern folgt einer Gaußverteilung, die eine starke Aufweitung notwendig macht um eine möglichst homogene Beleuchtung über die Fläche der Hologramme zu erzielen. Wenn zur Schaffung

eines großen Bildschirmhologramms mehrere Bildschirmhologramme aneinandergesetzt werden, ist der Intensitätsabfall zu den Rändern der einzelnen belichteten Hologramme besonders störend, weil dann ein periodisches Schattenmuster den ganzen Bildschirm bei der Projektion durchzieht.

5

Drittens bereitet die Einbelichtung von den drei rgb-Farben dreier Laser in das gleiche Hologramm Schwierigkeiten, da eine gleichmäßige Belichtung aller drei Laser über eine größere Fläche kaum erzielt werden kann. Da die Wellenlängen der Laser deutlich unterschiedlich sind, ergeben sich Unterschiede in der Strahltransmission durch Brechung, Beugung und Streuung an verschiedenen Stellen des gesamten Strahlenganges, was zu ungleichmäßiger Farbdarstellung führt und bei einer Abbildung über eine ausgedehnte Fläche nur schwer zu beheben ist.

10

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren, eine Vorrichtung und ein Lasersystem zu schaffen, das die einfache Herstellung sowohl kleiner als auch großflächiger Bildschirmhologramme hoher Qualität ermöglicht. Weiterhin soll ein Bildschirmhologramm geschaffen werden, das auch großflächig realisierbar ist, ohne daß die Bildqualität bei der Projektion darunter leidet.

15

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren und die Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen gemäß den Patentansprüchen 1 bzw. 16, durch das Lasersystem gemäß Patentanspruch 19, sowie durch das Bildschirmhologramm gemäß Patentanspruch 21. Weitere vorteilhafte Merkmale, Aspekte und Details der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen.

20

25

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein realer Bildschirm mit schmalbandigem Licht beleuchtet um ein Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, wobei eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, bei denen jeweils nur ein Teilbereich des realen Bildschirms beleuchtet wird, so daß sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt. Dadurch sind jeweils nur sehr kurze Belichtungszeiten möglich, so daß Störungen bei der Belichtung z.B. durch Erschütterungen oder andere Instabilitäten vermieden werden. Weiterhin ergeben sich keine Intensitätsverminderungen am Rand oder

30

periodische Schattenmuster. Eine gleichmäßige Farbdarstellung auf großen Flächen wird möglich.

Vorteilhafterweise erfolgt die Beleuchtung mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl.

- 5 Die Pulsdauer ist z.B. derart bemessen, daß die Bewegung des Laserstrahls über den Bildschirm keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm hat. Bevorzugt entsprechen die aufgenommenen Teilbereiche des Bildschirms der Größe von Bildpixeln oder größer. Insbesondere kann die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten Festkörperdauerstrichlaser erfolgen.

10

Bevorzugt erfolgt eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der Wellenlängenbereiche rot, grün, blau. Beispielsweise wird ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmenebenenhologramm erzeugt. Auch kann ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt werden. Bevorzugt werden Laserstrahlen mit einer

15

Kohärenzlänge erzeugt, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl. Scangeschwindigkeit und Pulsdauer sind z.B. so aufeinander abgestimmt, daß die Bewegung des Laserstrahls während eines Pulses kleiner als $1/10$ der Wellenlänge ist.

20

Vorzugsweise erfolgt ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl. Die Verteilung der Belichtung kann gemessen werden, um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren. Auch können mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen durchgeführt werden, um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm

25

zu erzeugen. Weiterhin können mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern, wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls, durchgeführt werden. Bevorzugt erfolgt die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen der Grundfarben rot, grün, blau, die auf einer Stralachse coaxial justiert sind.

30

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen hat eine schmalbandigen Lichtquelle zur Beleuchtung eines realen Bildschirms, die z.B. so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht mit einem Referenzstrahl

überlagert um ein Hologramm des Bildschirms zu erzeugen, wobei weiterhin eine Scanvorrichtung zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm vorgesehen ist, wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt. Dadurch können auch großflächige Bildschirmhologramme hoher Qualität einfach hergestellt werden.

Die Lichtquelle erzeugt vorzugsweise gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung. Die Lichtquelle umfaßt insbesondere ein Lasersystem, wie es nachfolgend beschrieben wird.

- 10 Das erfindungsgemäße Lasersystem zur Herstellung von RGB-Strahlen ist insbesondere für die Herstellung von Bildschirmhologrammen geeignet und umfaßt:
eine Laserstrahlquelle zur Erzeugung von Laserstrahlung,
eine Frequenzkonversionseinrichtung, und
einen optisch-parametrischen Oszillator, wobei die die Laserstrahlquelle einen gepulsten,
15 q-geschalteten Laser-Oszillator umfaßt.

Mit diesem Lasersystem können großflächige Bildschirmhologramme zur Farbprojektion mit hoher Bildqualität auf einfache Weise erzeugt werden.

- 20 Bevorzugt ist der q-geschaltete Laser-Oszillator ein Einfrequenz IR-Oszillator. Die Laserstrahlquelle hat z.B. einen Laserverstärker, der dem q-geschalteten Laseroszillator nachgeschaltet ist. Das erfindungsgemäße Bildschirmhologramm hat ein holografisches Aufnahmematerial, in dem ein realer Bildschirm als Hologramm gespeichert ist, wobei das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen jeweils ein
25 Teilbereich des realen Bildschirms als Hologramm abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen ergibt. Dadurch ergibt sich eine hohe Qualität bei der Bildwiedergabe, selbst bei einer großflächigen Realisierung des Bildschirmhologramms.

- 30 Bevorzugt ist das Bildschirmhologramm nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren beispielhaft beschrieben, in denen

Fig. 1 eine Anordnung zur Aufnahme eines Reflexions-Bildschirmhologramms als Kontakthologramm schematisch in Seitenansicht zeigt;

Fig. 2 eine Draufsicht auf die Anordnung gemäß Figur 1 zeigt;

5 Fig. 3 eine Anordnung zur Aufnahme eines Transmissions-Bildschirmhologramms als Kontakthologramm schematisch zeigt;

Fig. 4 eine Anordnung zur Aufnahme eines Bildschirm-Reflexionshologramm für Aufprojektion zeigt;

10 Fig. 5 eine Anordnung zur Aufnahme eines Transmissions-Bildschirmhologramms für Rückprojektion als Bildebenenhologramm zeigt; und

Fig. 6 ein erfindungsgemäßes Lasersystem schematisch zeigt.

Fig. 1 zeigt schematisch die Aufnahme eines Reflexionshologramms eines reellen Bildschirms als Kontakthologramm für die spätere Aufprojektion in Seitenansicht. Ein
15 holografisches Aufnahmematerial 12 befindet sich in Kontakt mit einem Bildschirm 11. Ein Laserstrahlbündel 13 aus einem schnell gepulsten Laser 16 wird über das Aufnahmematerial 12 in zwei Achsenrichtungen x und y flächendeckend mit Scannern 14 und 15 gescannt, z.B. mit einem kreisförmig geformten Laserstrahlfleck. In Fig. 2 ist eine Draufsicht auf das holografische Aufnahmematerial 12 dargestellt. Der Laserstrahl 13
20 beleuchtet sukzessive einen Teilbereich 11a des Aufnahmematerials 12 und des dahinterliegenden Bildschirms 11. Auch anders geformte Laserflecke wie z.B. ein Rechteck können verwendet werden. Ein Teil der auffallenden Laserstrahlung 13 wird vom Hologramm bzw. Aufnahmematerial 12 durchgelassen und fällt auf den reellen Bildschirm 11, der Strahlung 17 als Objektlichtwellen wieder in das Hologramm 12 zurückstreut. Dort
25 treffen die Objektlichtwellen wieder auf den einfallenden Strahl 13 und bilden mit seinen Wellen holographische Interferenzmuster, die durch den Belichtungsprozess im Aufnahmematerial 12 als Hologramm gespeichert werden. Es können verschiedenste Scanfiguren, z.B. Rasterscan, Sinusscan oder Spiralscan verwendet werden.

30 Das Bildschirmhologramm wird also nicht als ganzes in einem Stück als Abbild des reellen Bildschirms 11 aufgenommen wird, sondern in einer sehr hohen Zahl von Einzelaufnahmen, in denen jeweils nur kleine Teile 11a des reellen Bildschirms 11 beleuchtet werden. Das ganze Bild des Bildschirms 11 ergibt sich dann als

Zusammensetzung bzw. Überlagerung der Vielzahl von Einzelaufnahmen, z.B. in der Art von Bildpixeln.

- Das erzeugte Bildschirmhologramm ist als Kontakthologramm bzw. als sogenanntes
- 5 Bildebenenhologramm ausgeführt, bei dem das projizierte Bild bei der Wiedergabe in der Hologrammebene erscheint. Durch das Einbelichten von Schirmen in den Grundfarben Rot, Grün und Blau in die gleiche Hologrammschicht 12 oder in drei aufeinander laminierte Schichten können später auch Farbbilder auf den holografischen Schirm projiziert werden.
- 10 Kontakthologramme haben den Vorteil eines einfachen optischen Aufbaus bei der Aufnahme. Das Hologramm wird deshalb, wie in Figur 1 gezeigt, auf den reellen Bildschirm 11, z.B. eine reflektierende Streuscheibe oder transmittierendes Mattglas, im Kontakt aufgelegt und gemeinsam mit dem Referenzstrahl ohne zusätzliche Objektausleuchtung belichtet. Bei der Projektion ist der Winkel des rückgestreuten Projektionslicht aus dem
- 15 Hologramm 12 in Richtung zum Zuschauer der gleiche wie der des reellen Bildschirms in Bezug auf den Aufnahme-Lichtstrahl 13.

- Die Erfindung basiert auf der Tatsache, daß der holografische Bildschirm bzw. das Hologramm 12 die optischen Eigenschaften der Bildpixel, d.h. Helligkeit (Grauwert), Farbe,
- 20 Polarisation und Abstrahlwinkel nur einzeln für jedes Pixel vom Schirm wiedergeben muß. Eine optische Verknüpfung zwischen benachbarten Pixeln besteht nicht, und ein Bildschirm als Kontakt- oder Bildebenenhologramm hat nur eine zweidimensionale Struktur. Damit das Hologramm 12 diese Wirkungsweise eines flachen Bildschirms in der Hologrammebene wiedergeben kann, ist es deshalb nicht zwingend notwendig, den ganzen
- 25 reellen Bildschirm 11 in einer einzigen Belichtung über eine ausgedehnte Hologrammfläche aufzunehmen, wie es bei Hologrammen von dreidimensionalen Objekten der Fall ist, sondern der Bildschirm kann als zusammengesetzter oder mosaikartig aufgebauter Film von getrennten Einzelaufnahmen von Teilbereichen 11a eines Bildschirms ausgebildet sein. Diese Teilbereiche 11a können deshalb bis zu der Größe
- 30 eines einzelnen Bildpixel verkleinert werden.

Der holografische Bildschirm wird durch Belichtung des reellen größeren Bildschirms 11 mit einem schnell gepulsten Laserstrahl 13, der über die gesamte Fläche lückenlos

gescannt wird, aufgenommen. Damit die Bewegung des Strahles 13 über den Schirm 11 bzw. über das Aufnahmematerial 12 keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm 12 hat, wird sichergestellt, daß einerseits die Pulsdauer des Lasers 16 ausreichend kurz ist, und das andererseits die Kohärenzlänge des Laserlichtes für die
5 Ausbildung der Interferenzen ausreicht. Um eine besonders wirtschaftliche Herstellung des holografischen Schirms zu erreichen, ist die Pulswiederholfrequenz des Lasers 16 und seine mittlere Leistung ausreichend hoch, so daß sich eine kurze Belichtungszeit ergibt.

Geeignete Laser für diese Art von holografischer Belichtung sind z.B. leistungsstarke
10 schnell gepulste diodengepumpte infrarote Festkörperdauerstrichlaser mit nur einer einzigen longitudinalen Mode, deren Strahlung durch Frequenzkonversion in den roten, grünen und blauen Wellenlängenbereich verschoben wird. Das Abscannen der Bildschirmfläche kann mit handelsüblichen Laser-Strahl-Scannern durchgeführt werden.

15 Die Teilhologramme 11a sind mindestens so groß gewählt, daß keine Störungen, wie Kontrastverminderung, Farbverfälschung und Verminderung der Bildauflösung in der späteren Bildwiedergabe durch Lichtbeugung oder Feinstruktur der Hologramme selbst, auftreten. Solche Störungen sind nicht zu erwarten wenn die Teilhologramme 11a größer sind als die Bildpixel der Projektion. Andererseits kann die Größe und Form des
20 Teilhologramms 11a und die Scangeschwindigkeit so gewählt werden, daß mit den vorgegebenen Betriebsparametern des aufnehmenden Lasers, wie mittlere Leistung und Pulswiederholfrequenz, eine optimale Bestrahlung und homogene Ausleuchtung des Hologramms 12 erreicht wird, ohne daß der Wirkungsgrad der Aufnahme gleichzeitig durch Bewegung des Scanstrahles 13 herabgesetzt wird.

25 Allgemein muß zur Aufnahme von Objekthologrammen das Objekt selbst mit einem Objektstrahl und das Hologramm mit einem Referenzstrahl beleuchtet werden. Das von dem Objekt gestreute Licht wird dann im Hologrammfilm mit dem Referenzstrahl zur Überlagerung gebracht. Bei der hier gezeigten gepulsten Aufnahme, bei der nur ein Teil
30 11a des reellen Bildschirms 11 als Objekt und gleichzeitig ein Teil des Hologramms 12 direkt mit dem gepulsten Referenzstrahl 13 beleuchtet wird, werden die Belichtungen synchron überlagert durchgeführt. Dies läßt sich mit Kontakthologrammen, bei denen der Hologrammfilm 12 direkt auf den reellen Bildschirm 11 aufgelegt wird und der

Referenzstrahl 13 sowohl zur Beleuchtung des Hologramms 12 und zur Beleuchtung des Bildschirms 11 verwendet wird, leicht realisieren.

Bei Bildebenenhologrammen wird der Bildschirm mit einer Linse in das Hologramm
5 abgebildet. Damit die Teilbeleuchtung von Bildschirm mit Objektstrahl und Hologramm mit Referenzstrahl sich überlappen, müssen beide Scanstrahlen miteinander bei ihrer Bewegung so synchronisiert werden, daß der abgebildete Fleck vom Bildschirm im Hologramm und der Fleck des Referenzstrahles sich jedesmal decken.

10 Die Lichtwellen im Objektstrahl und Referenzstrahl müssen sich während der Belichtung im Hologramm kohärent überlagern. Dies bedeutet, daß die Kohärenzlänge des verwendeten Beleuchtungslasers 16 mindestens so groß oder größer sein muß als die Differenz der Lichtwege zwischen den Wellen des Objekt- und Referenzstrahl, die aus einem gemeinsamen Strahl stammen, bis sie sich wieder im Hologramm 12 treffen. Diese
15 Forderung kann im Sinne der Erfindung durch eine entsprechende Auslegung der Strahlführung und Aufbauten der Hologramme mit der Kohärenzlänge der verfügbaren Lasern in Einklang gebracht werden.

Die Bewegung der interferierenden Wellen im Hologramm durch die scannenden Strahlen
20 (Objektstrahl und Referenzstrahl) während der Pulsdauer gegeneinander und gegenüber dem Hologrammfilm beträgt nicht mehr als Bruchteile der Wellenlänge ($< \lambda/10$). Diese Bedingung wird durch eine entsprechende Einstellung der Scangeschwindigkeit im Verhältnis zu der Pulsdauer des Lasers erfüllt. Bei einer Pulsdauer von 10 ns und einer Scangeschwindigkeit von 5 m/sec ist die Bewegung des Strahles z.B. 50 nm was etwa
25 $\lambda/10$ entspricht.

Bei Scannen mit gepulster Strahlung mit konstanter Leistung von Puls zu Puls, kann eine große Hologrammfläche mit gleichmäßiger mittlerer Intensitätsverteilung abgedeckt werden, jedoch wird die Belichtung, d.h. die Lichtintensität mal Zeit, je nach dem

30 Verhältnis Scangeschwindigkeit zur Pulswiederholfrequenz des Strahles mit Gauß-Intensitätsprofil über die ganze Fläche entlang der Scanspur periodisch moduliert sein. Die Erfindung sieht deshalb weiterhin vor, daß diese periodische lokale Ungleichmäßigkeit der Beleuchtung, sowie auch Inhomogenitäten in der Hologrammdicke, z.B. bei mosaikartiger

Verlegung mehrere Hologramme nebeneinander, durch mehrmaliges Abscannen der gleichen Fläche mit phasenverschobenem Scanstrahl, bzw. durch Regelung der Pulsleistung, ausgeglichen werden. Hier nutzt die Erfindung z.T. die Eigenschaft von Hologrammaufnahmen aus, daß in einem einzigen Hologramm mehrere

- 5 Objektbelichtungen überlappend und unabhängig voneinander gespeichert werden können.

Damit dieser Belichtungsvorgang automatisch ablaufen kann, wird in einer nicht dargestellten Ausführungsform der Erfindung die Verteilung der Belichtung durch einen

10 kalibrierten Rückstreusensor, der im Strahlengang des BeleuchtungsLasers coaxial zum gepulsten Belichtungsstrahl angeordnet ist, überwacht. Alternativ dazu können Überwachungskameras die Laserbeleuchtung über die gesamte Hologrammfläche ständig vermessen. Das damit gewonnene Belichtungsmuster kann von einem Microprozessor, bzw. Computer gespeichert und bei nachfolgenden nochmaligen Scanzyklen über die

15 gesamte Hologrammfläche durch Regelung der Laserlichtintensität und Flächenverteilung der Scanfigur zur nachträglichen Korrektur der Belichtung der vorhergehenden Belichtungsmuster verwendet werden.

- Nach dem Entwicklungsprozess sind die optischen Eigenschaften des Bildschirms in dem
- 20 Hologramm 12 gespeichert. Vorzugsweise werden sogenannte dicke Hologramme (10 -20 μm) verwendet, z.B. aus Photopolymer, Dichromatgelatine oder Silber-Halogenid Materialien. Dicke Hologramme haben gegenüber dünnen Hologrammen den Vorteil, daß sie besonders selektiv Licht mit der gleichen Wellenlänge wie bei der Aufnahme herausbeugen, und zwar nur dann, wenn der Einfallswinkel des Rekonstruktionsstrahles
- 25 der gleiche ist wie der Einfallswinkel des Referenzstrahles bei der Aufnahme.

- Die optimale akkumulierte Belichtung der Hologramme ist für jedes Material und für jede Wellenlänge verschieden, z.B. liegt sie für Photopolymermaterialien bei etwa 25 mJ/cm^2 , d.h. zur Belichtung von 1 m^2 mit einem Laser 1 W mittlerer Leistung würden 250 Sekunden
- 30 oder etwa 4 Minuten benötigt. Bei Silberhalogenidfilmen ist nur eine Belichtung von etwa 0,5 mJ/cm^2 notwendig, wodurch die Belichtungszeit entsprechend gekürzt werden kann.

Bildebenenhologramme sind Aufnahmen von mit Linsen oder Spiegeln abgebildeten Schirmen, die in der Hologrammebene liegen. Der Abstrahlwinkel dieser Hologramme, kann durch die Abbildungsgeometrie erheblich eingeengt werden, mit einer entsprechenden Zunahme der Helligkeit des Bildes, was für viele Anwendungen von
5 großem Vorteil ist.

Fig. 3 zeigt eine Aufnahme eines Kontakthologrammes von einem Bildschirm 31 als Transmissionshologramm 32. Hier ist es notwendig, daß ein Referenzstrahlenbündel 33, dessen Strahlengang mit dem Projektionsstrahl bei der späteren Bildwiedergabe
10 zusammenfällt, als konvergentes Teilstrahlenbündel eines gepulsten Lasers 39 auf das Hologramm 32 fällt. Die Interferenzstrukturen, die sich dann im Hologramm 32 durch die Überlagerung von Streulichtes 30 aus dem Schirm 31 mit dem Referenzstrahlbündel 33 ausbilden, entsprechen dann einer Bildwiedergabe in Rückprojektion aus dem Schnitt- bzw Projektionspunkt 36, d.h. der Verlängerung des Strahlenbündels 33. Bei der Projektion
15 steht der Betrachter dann gegenüber dem späteren Projektionspunkt 36 auf der entgegengesetzten Seite des Hologramms 12. Die Herstellung eines konvergenten Strahlenbündels aus einem Zweiachsen-Scanner 34 und 35 läßt sich am einfachsten über einen langbrennweitigen Spiegel 37 herstellen, der den Quellenpunkt des Scanners 38 in den Schnittpunkt 36 abbildet. Das Hologramm 32 und der reelle Bildschirm 31 sind dann
20 in einer Schnittebene dieses Strahlenganges des Teilstrahlenbündels 33 plziert.

Fig. 4 zeigt eine Aufnahme eines Transmissionshologramms als Bildebenenhologramm für die Rückprojektion. Hier wird ein reeller Bildschirm 41 mit Hilfe einer Linse 46 auf ein Hologramm 42 abgebildet. Gleichzeitig fällt ein Referenzstrahlbündel 43 von der anderen
25 Seite auf das Hologramm 42. Die beiden Scanner mit x-y-Scannerspiegeln 57 und 58 bzw. 57' und 58' werden so synchronisiert, daß die beiden Beleuchtungsflecken des Referenzstrahlbündels 43 und der beleuchteten Fläche 40 des reellen Schirms im Hologramm 41 synchron überlagert werden. Die Beleuchtungsstrahlen für den reellen Schirm 42 und für das Referenzstrahlbündel 43 werden mittels Teilerspiegel 44 und
30 Umlenkspiegel 44' aus dem gemeinsamen Laser 49 geteilt und umgelenkt.

Fig. 5 zeigt eine Aufnahme eines Bildebenenhologramms als Reflexionshologramm für die spätere Aufprojektion. Dabei wird ein reeller Schirm 51 in eine Hologrammebene 52 mit



Hilfe einer Linse 56 abgebildet und das Abbild wird dort mit einem Referenzstrahlenbündel 53 synchron überlagert. Mit Hilfe eines Teilerspiegels 54 kann ein Teil des Referenzstrahlbündels 53 für die Ausleuchtung des reellen Schirmes 51 verwendet werden. Zusätzliche Hilfsspiegel sind notwendig um die Raumspiegelung der Linse 56 zu kompensieren, was hier für die eine Raumebene am Beispiel des Hilfsspiegels 55 gezeigt wird. Zur gleichzeitigen Abtastung von Schirm 51 und Hologramm 52 dient hier die Verwendung von nur einem Scannerspiegelpaar 57 und 58 vor dem gepulsten Laser 59.

Um die Aufnahme von drei- oder mehrfarbigen Schirmen z.B. der rgb-Farben, zu erleichtern, werden die Strahlen von drei rgb-Lasern oder eines Lasers mit dreifarbigem rgb-Emission auf eine gleiche Strahlachse koaxial justiert. Die drei Farben sind während eines gemeinsamen Scannes und Belichten des Schirmes und des Hologrammes mit dem Referenzstrahl, gleichzeitig am reellen Bildschirm. Der Referenzstrahl stellt ebenfalls eine Überlagerung von drei rgb-Teilstrahlen dar.

Diese gleichzeitige Aufnahme aller drei rgb-Farben im gleichen Hologramm setzt natürlich voraus, daß das Hologramm-Material für alle Farben photoempfindlich ist. Dies gilt aber für eine Reihe von Photopolymer und Silberhalogenidfilme, sowie für einzelne Dichromatgelatine.

Zur Aufnahme der hier beschriebenen Bildschirmhologramme mit schnell gepulster rgb-Beleuchtung werden moderne diodengepumpte, q-geschaltete Infrarot-Festkörperlaser mit einer Emission in nur einer longitudinalen Resonatormode verwendet. Die Laser werden durch klassische Frequenzkonversion wie Frequenzverdopplung, optisch parametrischen Prozessen und Summen- und Differenzfrequenzbildung in verschiedenen nicht-linearen Kristallen auf die rgb-Emission bei den geeigneten rgb Wellenlängen eingestellt.

Es können getrennte Laser für die einzelnen Farben verwendet werden, aber vorteilhafter ist es, Laser zu verwenden, die einen einzigen gemeinsamen q-geschalteten Laser-Oszillator besitzen. Die Laser haben nachgeschaltete, gemeinsame Verstärkerstufen und einen gemeinsamen optisch-parametrischem-Oszillator, der die Grundwelle des Lasers bzw. seine frequenzverdoppelte Welle in zwei Teilwellen längerer Wellenlänge (Idler und Signalwelle) aufspaltet. Eine anschließende Strahltrennung dient zur Trennung der

Primärstrahlung in verschiedene Strahlzweige, wo verschiedene weitere Frequenzkonversionen wie Frequenzverdopplung, Frequenzsummation und – Differenzbildung zur Herstellung der einzelnen Farben stattfinden.

- 5 Ein wesentlicher Vorteil eines solchen gemeinsamen Primärlasers liegt darin, daß die Emission aller drei rgb-Farbzweige vollkommen synchron mit gleicher Pulswiederholfrequenz, in fester Phase und mit vergleichbarer spektraler Breite, Kohärenzlänge und Strahldivergenz abgegeben wird. Dies ermöglicht eine gemeinsame Aufnahme von den Bildschirmhologrammen in allen Farben gleichzeitig.

10

RGB-Laser, die auf diesem Grundkonzept eines gemeinsamen Primärlasers mit nachfolgender Frequenzkonversion in passiven nicht-linearen Kristallen bis zu den drei rgb-Farben beruhen, werden z.B. in der oben genannten Patentschrift DE 195 04 047, „Lasersystem für Farbbildprojektion“ und in der Patentschrift DE 44 32 029,

15

„Lasergestützte Farbbildanzeige- und Projektionsvorrichtung“ beschrieben. Die dort beschriebenen diodengepumpten Festkörperlaser werden im mode-locked Dauerstrichbetrieb betrieben. Sie haben aber bezüglich der Aufnahme von Bildschirmhologrammen den Nachteil, daß sie ein breites Frequenzspektrum einzelner longitudinaler Moden d.h. geringer Kohärenzlänge in der Primäremission sowie nach der

20

Frequenzkonversion emittieren.

Fig. 6 zeigt einen erfindungsgemäßen Laser, der für die oben beschriebenen gepulsten Bildschirmhologrammaufnahmen besonders geeignet ist. Dabei ist anstatt eines mode-locked-lasers ein schnell gepulster, q-geschalteter-Einfrequenz-IR-Oszillator 61 eines Nd-

25

Lasers wie Nd:YLF, Nd:YAG oder Nd:YVO vorgesehen. D.h., der Oszillator 61 hat eine einzige longitudinale Mode. Die Leistungsverstärkung der Pulse erfolgt in einem Festkörperlaserverstärker 62 gleicher Materialien. Ein optisch-parametrischer-Oszillator 65 ist für eine anschließende Frequenzaufspaltung vorgesehen. Dieser kann über die Temperatur des nichtlinearen Materials und/oder durch Einstellung der Achsenwinkel im Strahlengang in seiner Wellenlänge eingestellt werden. Dadurch kann bei der

30

anschließenden Frequenzkonversion auch die Wellenlänge der rgb-Nutzstrahlung eingestellt werden. Dies ist vorteilhaft, um die Aufnahmewellenlänge an die spätere Wiedergabewellenlänge genau anzupassen. Es erfolgt auch eine Frequenzverdopplung und

- Summenfrequenzbildung. Der Oszillator 61 ist ein q-geschalteter Nd:YAG im longitudinalen Einmodenbetrieb. Der Laserverstärker 62 ist eine Nd:YAG oder Nd:YVO Verstärkerkette. Weiterhin ist ein Frequenzverdopplerkristall 63 vorgesehen, sowie Strahlteiler 64, 64' zur Trennung der fundamentalen Strahlung des Primärlasers $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ von der
- 5 frequenzverdoppelten grünen Strahlung $\lambda_s = 0,53 \mu\text{m}$. Der optisch-parametrische-Oszillator 65 wird mit dem grünen Strahl λ_s gepumpt und so eingestellt, daß er zwei signal- und idler Strahlen (λ_s bzw. λ_i) generiert, die eine geeignete Wellenlänge für eine anschließende Summenfrequenzbildung in Summenfrequenzgeneratoren 66, 67 aufweisen. Die Wellenlängen λ_s und λ_i sind dabei so gewählt, daß die Summenfrequenzbildung mit den
- 10 Strahlen der fundamentalen Wellenlänge des Lasers $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ (bzw. $1,04 \mu\text{m}$), die nach der Frequenzverdopplung übrig bleibt, zu geeigneten Wellenlängen von Rot und Blau führt. Die Farbe Grün wird dagegen als Teil der frequenzverdoppelten Strahlung des Primärlaser über Abspaltung durch den einfachen Strahlteiler 64, 64' übernommen.
- 15 Der vorgeschlagene schnell gepulste q-geschaltete Laser 61 ist ein Dauerstrichlaseroszillator mit nur einer longitudinalen Grundmode, die in einem gepulsten Betrieb des Resonators betrieben wird. Ein Laser dieser Art ist z.B. ein diodengepumpter Festkörper-Micro-Chip-Laser wie z.B. Nd:YAG bei der Laserwellenlänge $1,06 \mu\text{m}$ mit einem so kurzen Resonator, daß er nur auf einer longitudinalen Mode anschwingt. Mit einem
- 20 internen passiven Güteschalter, z.B. aus dem bekannten Cr:YAG-Material, kann er durch die Dotierung mit Cr-Ionen z.B. auf 20 kHz Pulsfrequenz mit einer Pulsdauer von 10 ns eingestellt werden.
- Die IR-Emission des Lasers 61 wird nun in dem nachfolgendem Verstärker 62, z.B. mit
- 25 dem Kristall Nd:YAG oder Nd:YVO₄, um ein Faktor 10-100 hochverstärkt, ohne daß störende höhere longitudinale Moden entstehen, auch bei Beibehaltung der guten Strahlqualität des Oszillators. Nach der Verstärkung wird der gepulste Strahl dann noch bis zu der erwünschten grünen Wellenlänge 532 nm frequenzverdoppelt, was hier in einem KTP-Kristall 63 geschieht. Nach der Frequenzverdopplung, die mit einer Effizienz von etwa
- 30 30% geschieht, bleibt ein Teil der Primärstrahlung mit einer Wellenlänge von $1,06 \mu\text{m}$ für die weitere Verwendung in anschließenden Stufen übrig.

Eine zweite Möglichkeit ist die Verwendung von passiv gütegeschalteten Nd:YAG – Ringlasern mit gleichem Cr:YAG-Güteschalter, ähnlicher Pulswiederholfrequenz, aber besserer Frequenzstabilität und höhere mittlere Leistung. Mit anschließenden Verstärkerstufen wie im vorigen Fall kann eine mittlere Leistung von 10-30 W in einer longitudinalen Mode erzeugt werden

Eine Möglichkeit liegt in der Verwendung eines mit einem akusto-optischen Schalter aktiv-gütegeschalteten Laser mit internem Etalon zur Einstellung eines Eimodenbetriebes, was aber gegenüber dem zweiten Verfahren etwas aufwendiger ist.

10

Q-geschaltete Dauerstrichlaser der hier beschriebenen Art haben eine Pulswiederholfrequenz von 10-20 kHz, eine Pulsbreite von 5-20 ns und eine Frequenzbandbreite der Laseremission unter 100 MHz. Sie können mit einer Verstärkerstufe so ausgelegt werden daß nach der Frequenzverdopplung 1 W grüne Emission entsteht, und mit zwei oder drei Stufen bis 10 W grüne Strahlung und 30 W infrarote Strahlung im Mittel generiert wird. Nach der Konversion im optisch-parametrischen-Oszillator 65 und weiterer Frequenzverdopplung bzw. Summenfrequenzbildung können dann alle rgb-Strahlen mit einer mittleren Leistung von einigen Watt hergestellt werden. Ein wesentlicher Vorteil dieses Konzeptes ist auch, daß die Farben Blau und Rot durch Einstellung der Wellenlängen der Idler- und Signalwellenlänge λ_s , λ_i im optisch-parametrischem-Oszillator 65 zur Anpassung an die Wellenlänge der späteren Bildprojektionslaser kontinuierlich verschoben werden können.

20

Mit den charakteristischen Laserdaten sind solche Lasersysteme für die Aufnahme der Bildschirmhologramme besonders gut geeignet. Beträgt z.B. die Pulsdauer des Lasers 10 ns und die Scangeschwindigkeit 5 m/sec, dann bewegt sich der Strahl während dieser Pulsdauer lateral um 5×10^{-6} m, was 1/10 der Wellenlänge bei z.B. 500 nm entspricht. Diese kleine Verrückung hat keinen bemerkbaren Einfluß auf die Güte des Interferenzmusters in dem Hologramm haben. Wäre die Pulsfrequenz z.B. 20 kHz, würde sich der Strahl von Puls zu Puls bei dieser Scangeschwindigkeit um 1/4 mm fortbewegen.

30

Die Kohärenzlänge eines $\Delta t = 10$ ns Einmoden Pulses beträgt etwa $\Delta t \cdot c = 3$ m, wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Die Differenz der Laufwege des Objekt- und Referenzstrahles darf

diesen Wert nicht überschreiten, was bei allen vorgeschlagenen Aufbauten der Hologramme leicht eingehalten werden kann.

Bildschirmhologramme können also entweder für eine Aufprojektion als

- 5 Reflexionshologramm oder für eine Rückprojektion als Transmissionshologramm ausgelegt sein. Für beide Verfahren eignet sich entweder die Aufnahme im Kontaktverfahren mit dem reellen Bildschirm, oder als Bildebenenhologramm, d.h. nach einer Abbildung des Bildschirmes auf das Hologramm, wie oben dargestellt. In allen Fällen wird gleichzeitig der Objektstrahl und Referenzstrahl synchron über das Hologramm bewegt.

10

Nur Lichtwellen mit gleicher linearer Polarisierung können miteinander interferieren und als holographisches Abbild von Schirmen in einem Hologramm gespeichert werden, d.h. nur Lichtwellen der gleichen linearen Polarisierung im Referenzstrahl und Objektstrahl können zur der Bilderzeugung des Bildschirmes beitragen. Vorzugsweise sind deshalb die für die

15 Aufnahme der Hologramme verwendeten Laser streng linear polarisiert, um die Effizienz und Homogenität der Beleuchtung über die gesamte Hologrammfläche zu gewährleisten. Da die meisten Laser mit guter Strahlqualität von Hause aus streng linear polarisiert sind, bedeutet dies keine Einschränkung der Aufnahmetechnik.

- 20 Für die Aufnahme von Bildschirmen für stereoskopische Bildwiedergabe werden Bildschirmmaterialien verwendet, die einen auffallenden linear polarisierten Lichtstrahl in Rückstreuung bzw. in Vorwärtstreuung depolarisieren. Dies ist bei sehr vielen Leinwandmaterialien für Rückprojektion mit guter Oberflächenfeinrauhigkeit, bzw. leichter Volumenstreuung und bei fast allen Leinwänden mit starker Volumenstreuung für
- 25 Rückprojektionen der Fall. Da der Referenzstrahl auch eine strenge lineare Polarisationsrichtung des Lasers hat, wird bei einer Aufnahme eines reellen Bildschirmes diese Polarisationsrichtung im Hologramm beibehalten. Werden nun von gleichem Schirm hintereinander zwei Aufnahmen gemacht, wobei die Polarisationsrichtung des Referenzstrahles von der einen zur anderen um 90° gedreht wird, entstehen im gleichen
- 30 Bildschirmhologramm zwei unabhängige Schirmbilder, wobei jedes nur auf einen Projektionsstrahl mit bestimmter Polarisationsrichtung wirksam ist. Beide Schirmbilder sind auf zueinander orthogonale polarisierte Projektionsstrahlen wirksam. Damit sind die

Voraussetzungen für die Projektion zueinander orthogonal polarisierter Stereobilder und ihre stereoskopische Betrachtung mit Polarisationsbrillen gegeben.

- Die Umschaltung der Polarisation um 90° im Referenzstrahl kann in einer sehr einfachen
- 5 Weise durch Drehen einer $\lambda/2$ -Platte im Strahlengang hinter der Austrittsapertur eines streng linear polarisierten Beleuchtungslasers durchgeführt werden.

- Werden mehrere Bildschirmaufnahmen vom gleichen Schirm hintereinander in das gleiche Hologramm bei verändertem Ort des ganzen Schirmes oder des Ursprungsort des
- 10 Referenzstrahles gemacht, dann überlagern sich störende Specklebilder kohärent mit statistischer Größenverteilung. In der Summe stellen sie nach den Belichtungen einen neuen virtuellen Schirm dar, der eine wesentlich höhere Feinstruktur als die reelle Schirmvorlage hat. Dies führt zu einer Verschiebung des ganzen Erscheinungsbildes zu größeren Speckles, die dann bei der anschließenden Bildwiedergabe durch leichte örtliche
- 15 oder zeitliche Modulation des Projektionsstrahles leichter behoben werden können. Es wird also die Eigenschaft von Hologrammen genutzt, mehrere Bilder mit leicht veränderten Aufnahmebedingungen übereinander aber unabhängig voneinander im gleichen Hologramm zu speichern. Auch bei Bildschirmhologrammen, die mit gepulsten Lasern aufgenommen werden, kann so die Größe der störenden Bildspeckles, die bei der Bildwiedergabe mit
- 20 Lasern entstehen, verändert werden.

- Das hier beschriebene Verfahren der Aufnahme eines streuenden holografischen Bildschirmes kann auch verwendet werden, um die Funktion eines planen Spiegels, der im Grunde genommen nur ein Grenzfall einer streuenden Fläche darstellt, aufzunehmen.
- 25 Solche holografische Spiegel können wegen ihrer Selektivität in der Wellenlänge als Hilfselemente in den Aufnahmevorrichtungen bzw. in den Projektoren vorteilhaft eingesetzt werden.
-

Pat ntansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, bei dem ein realer Bildschirm (11; 31; 41; 51) mit schmalbandigem Licht beleuchtet wird um ein Hologramm des realen Bildschirms zu erzeugen, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Einzelaufnahmen durchgeführt wird, wobei jeweils nur ein Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) beleuchtet wird, so daß sich durch Zusammensetzung und/oder Überlagerung der Einzelaufnahmen das Bildschirmhologramm des gesamten Bildschirms ergibt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung mit einem scannenden, gepulsten Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsdauer derart bemessen ist, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) über den Bildschirm (11; 31; 41; 51) keinen Einfluß auf die Interferenz der Lichtwellen im Hologramm hat.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die aufgenommenen Teilbereiche (11a) des Bildschirms (11; 31; 41; 51) mindestens der Größe von Bildpixeln entsprechen.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung mit einem gepulsten, diodengepumpten Festkörperdauerstrichlaser (16) erfolgt.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Frequenzkonversion in einen oder mehrere der Wellenlängenbereiche rot, grün, blau erfolgt.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kontakthologramm oder ein Bildschirmebenenhologramm erzeugt wird.
- 5 8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Transmissionshologramm oder ein Reflexionshologramm erzeugt wird.
- 10 9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) mit einer Kohärenzlänge erzeugt werden, die größer ist als die Differenz der Lichtwege zwischen Objektstrahl und Referenzstrahl.
- 15 10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Scangeschwindigkeit und Pulsdauer so aufeinander abgestimmt sind, daß die Bewegung des Laserstrahls (13; 33; 43; 53) während eines Pulses kleiner ist als $1/10$ der Wellenlänge.
- 20 11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein mehrmaliges Abscannen der Bildschirmfläche mit jeweils phasenverschobenem Laserstrahl (13; 33; 43; 53) erfolgt
- 25 12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung der Belichtung im Hologramm gemessen wird um bei einem nachfolgenden Belichtungszyklus die Belichtung zu korrigieren.
- 30 13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit senkrecht zueinander polarisierten Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) durchgeführt werden um zwei voneinander unabhängige Schirmbilder in dem Hologramm (12; 32; 42; 52) zu erzeugen.
-

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Belichtungen mit veränderten Aufnahmeparametern wie beispielsweise verändertem Ort des realen Bildschirms oder verändertem Ursprungsort des Referenzstrahls durchgeführt werden.
- 5
15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Belichtung gleichzeitig durch Licht- oder Laserstrahlen (13; 33; 43; 53) der Grundfarben rot, grün, blau erfolgt, die auf einer Strahlachse coaxial justiert sind.
- 10
16. Vorrichtung zur Herstellung von Bildschirmhologrammen, mit einer schmalbandigen Lichtquelle (16; 39; 49; 59; 60) zur Beleuchtung eines realen Bildschirms (11; 31; 41; 51), die so angeordnet ist, daß sich das vom Bildschirm ausgehende Licht (17; 30; 40; 50) mit einem Referenzstrahl überlagert um ein Hologramm des
- 15
- Bildschirms zu erzeugen,
gekennzeichnet durch
eine Scanvorrichtung (14, 15; 34, 35; 47, 48, 47', 48'; 57, 58) zum Führen der von der Lichtquelle ausgehenden Lichtstrahlung über den Bildschirm,
wobei die Lichtquelle gepulste Lichtstrahlung erzeugt.
- 20
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (60) gleichzeitig rote, grüne und blaue Laserstrahlung erzeugt.
18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die
- 25
- Lichtquelle (60) ein Lasersystem nach einem der Ansprüche 19 bis 20 umfaßt.
19. Lasersystem zur Herstellung von Bildschirmhologrammen mittels RGB-Strahlen, mit einer Laserstrahlquelle (61, 62) zur Erzeugung von Laserstrahlung (13; 33; 43; 53), einer Frequenzkonversionseinrichtung (63), und
- 30
- einem optisch-parametrischen Oszillator (65),
dadurch gekennzeichnet,
daß die Laserstrahlquelle einen gepulsten, q-geschalteten Einfrequenz-IR-Laser-Oszillator (61) umfaßt.

20. Lasersystem nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die
Laserstrahlquelle einen Laserverstärker (62) umfaßt, der dem q-geschalteten
Einfrequenz-IR-Laseroszillator (61) nachgeschaltet ist.
21. Bildschirmhologramm mit einem holografischen Aufnahmematerial (12; 32; 42; 52),
in dem ein realer Bildschirm (11; 31; 41; 51) als Hologramm gespeichert ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Bildschirmhologramm eine Vielzahl von Einzelaufnahmen enthält, in denen
jeweils ein Teilbereich (11a) des realen Bildschirms (11; 31; 41; 51) als Hologramm
abgebildet ist, wobei sich das gesamte Bild des Bildschirms aus den
zusammengesetzten und/oder überlagerten Einzelaufnahmen (11a) ergibt.
22. Bildschirmhologramm nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß es nach
dem Verfahren gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 hergestellt ist.

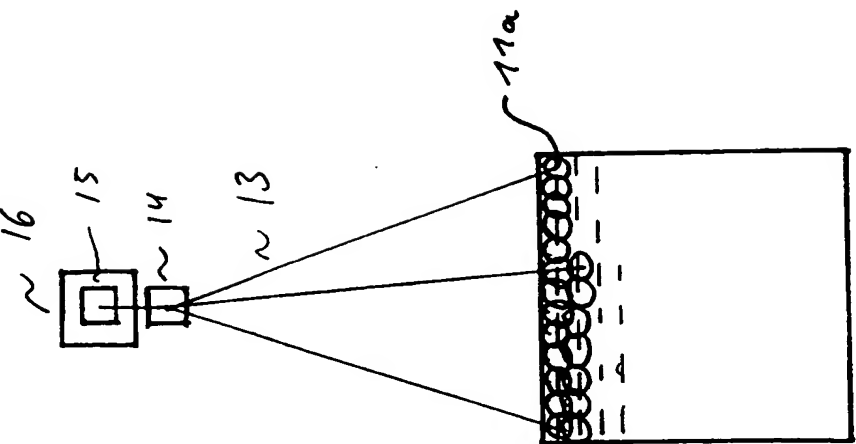


Fig. 2

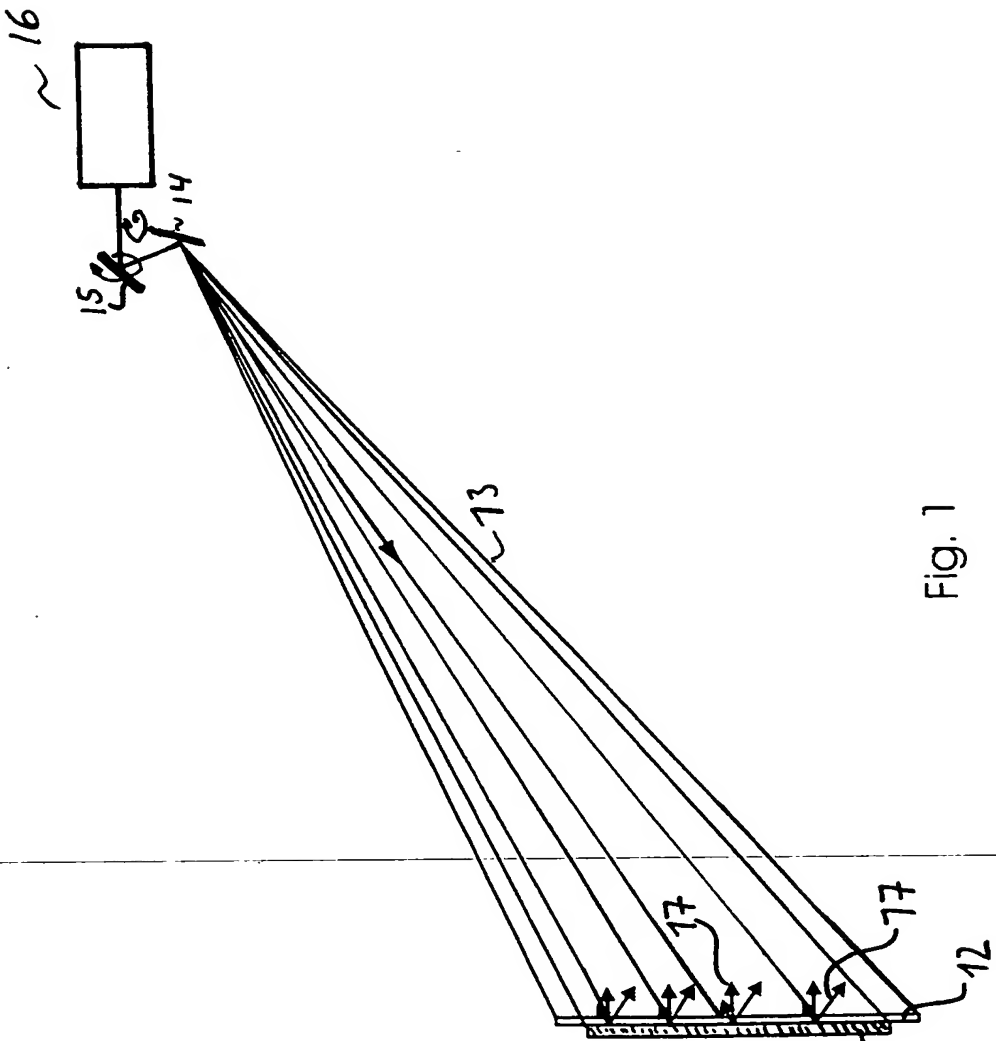


Fig. 1

ERSATZBLATT (REGEL 26)

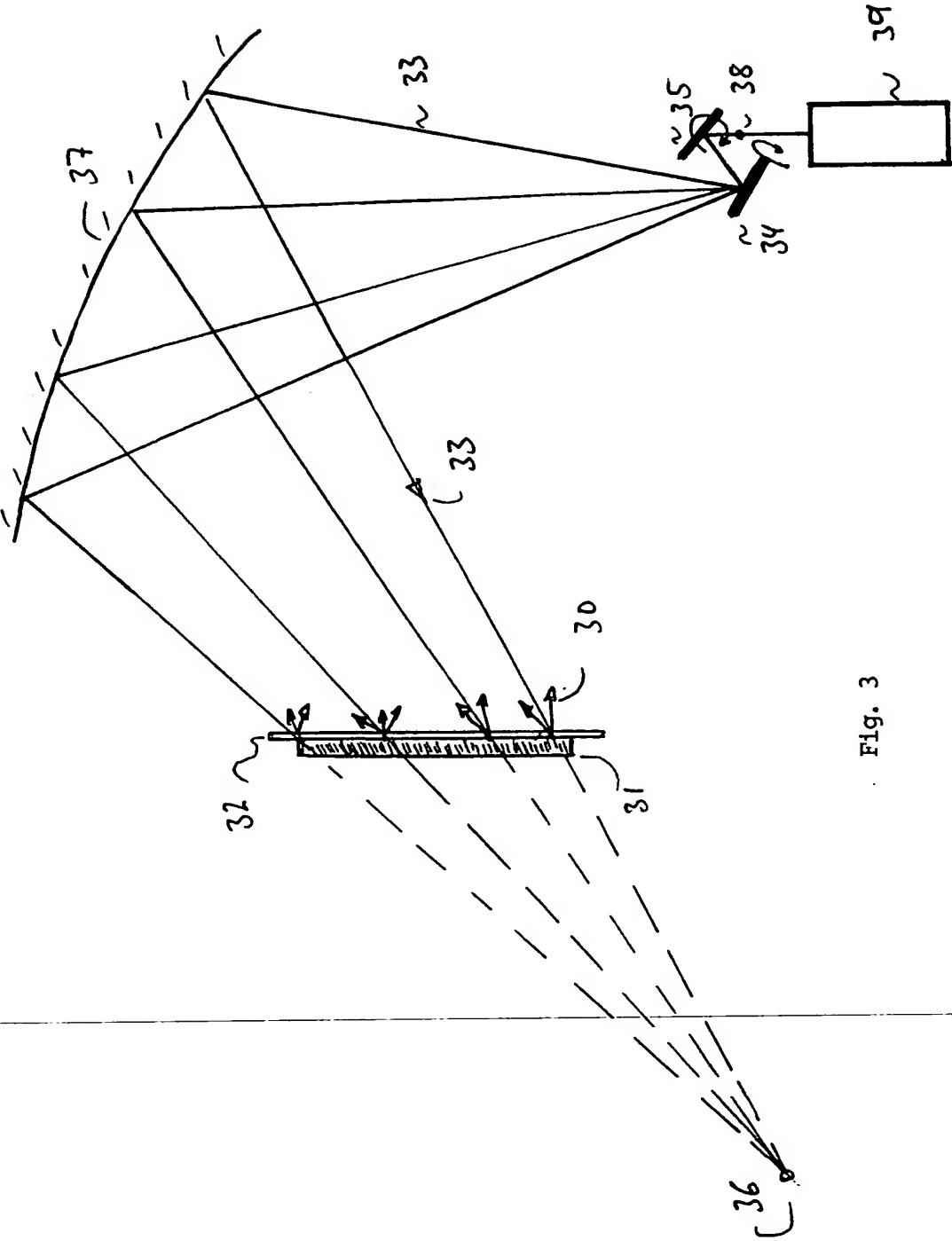


Fig. 3

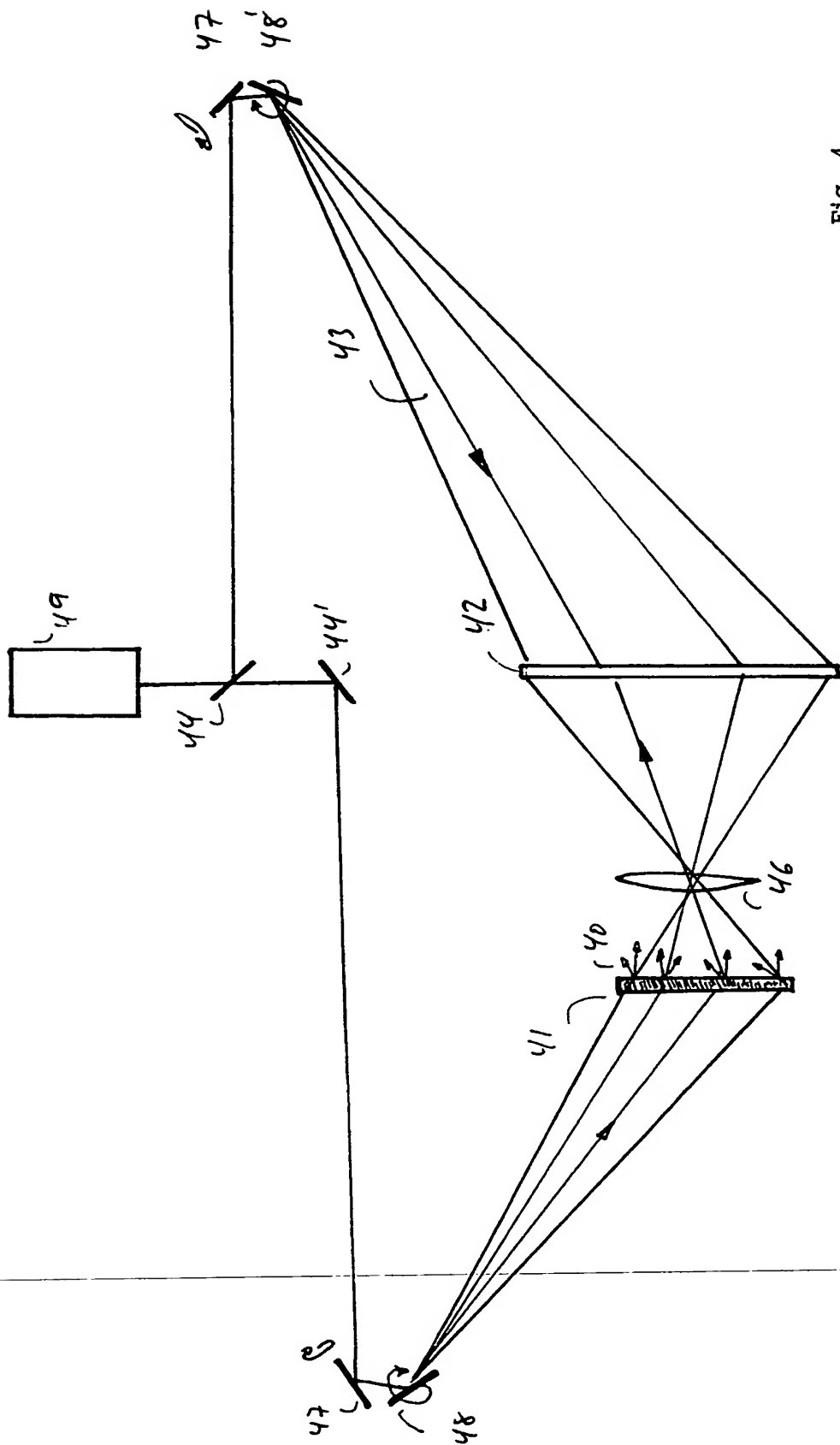


Fig. 4

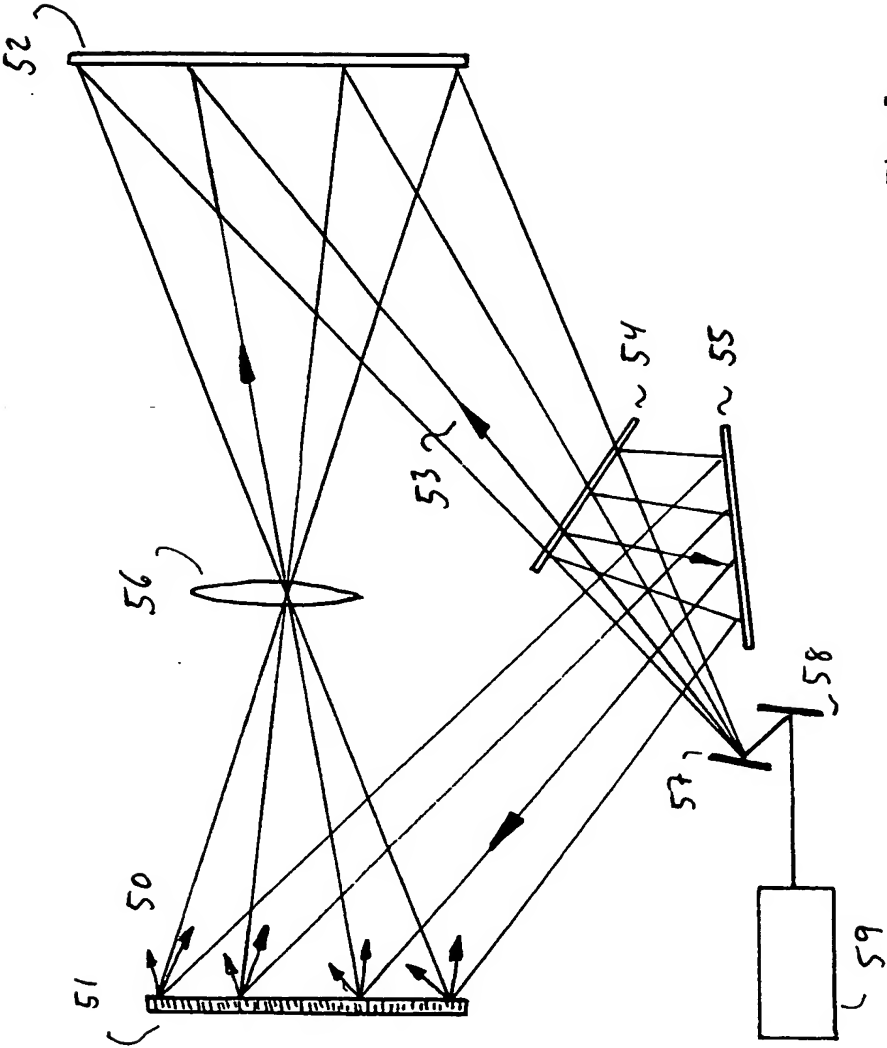


Fig. 5

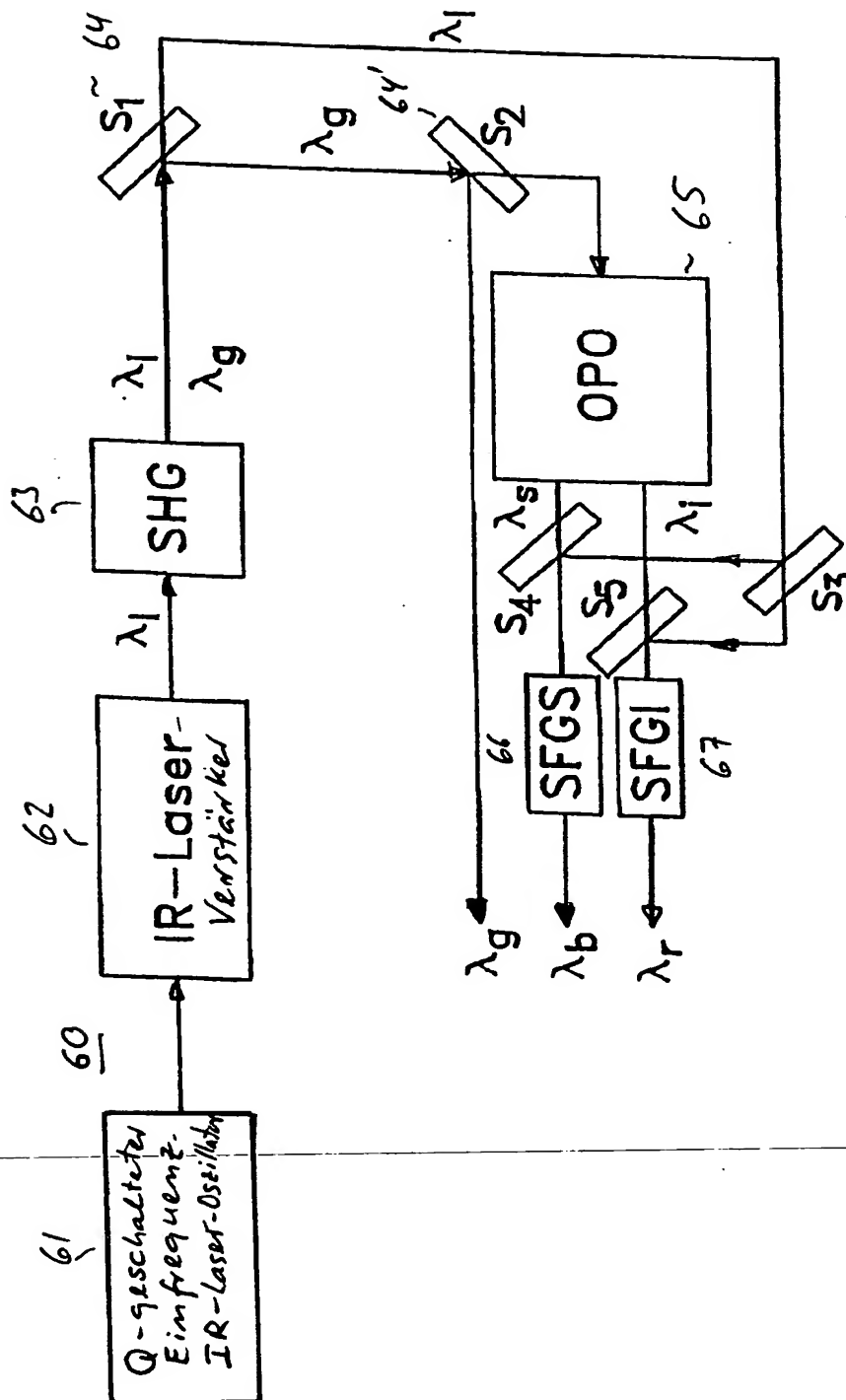


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02220

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G02B5/32 G03H1/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B G03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 500 163 A (BURNS RICHARD H ET AL) 19 February 1985 (1985-02-19) column 2, line 61 -column 4, line 60 ---	1,7,8, 15,21,22
X	US 5 926 294 A (SATO SHUNICHI ET AL) 20 July 1999 (1999-07-20) column 15, line 7 -column 16, line 21 claims 1-4,6,7; figure 16 ---	1,7,8, 15,21,22
A	US 4 863 225 A (HOWARD RICHARD K) 5 September 1989 (1989-09-05) column 2, line 46 - line 68 ---	1,2,7,8, 16,21,22
A	DE 40 38 308 A (HOLTRONIC GMBH) 19 March 1992 (1992-03-19) column 3, line 8 - line 38 figure --- -/-	1,2,7,8, 16,21,22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 November 2000

Date of mailing of the international search report

05/12/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krametz, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/02220

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 195 04 047 C (DAIMLER BENZ AG) 25 July 1996 (1996-07-25) cited in the application column 1, line 41 -column 3, line 9 column 3, line 48 -column 4, line 50 figure</p> <p>-----</p>	<p>2,5,6, 15-19</p>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02220

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4500163	A	19-02-1985	CA 1182313 A	12-02-1985
			GB 2104678 A, B	09-03-1983
			JP 58027136 A	17-02-1983
US 5926294	A	20-07-1999	JP 9222513 A	26-08-1997
US 4863225	A	05-09-1989	GB 2189044 A, B	14-10-1987
DE 4038308	A	19-03-1992	NONE	
DE 19504047	C	25-07-1996	AU 4786996 A	27-08-1996
			DE 19680063 D	20-05-1998
			DE 59601773 D	02-06-1999
			WO 9625008 A	15-08-1996
			EP 0808543 A	26-11-1997
			US 5894489 A	13-04-1999

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02220

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G02B5/32 G03H1/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02B G03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 500 163 A (BURNS RICHARD H ET AL) 19. Februar 1985 (1985-02-19) Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 60 ---	1,7,8, 15,21,22
X	US 5 926 294 A (SATO SHUNICHI ET AL) 20. Juli 1999 (1999-07-20) Spalte 15, Zeile 7 - Spalte 16, Zeile 21 Ansprüche 1-4,6,7; Abbildung 16 ---	1,7,8, 15,21,22
A	US 4 863 225 A (HOWARD RICHARD K) 5. September 1989 (1989-09-05) Spalte 2, Zeile 46 - Zeile 68 ---	1,2,7,8, 16,21,22
A	DE 40 38 308 A (HOLTRONIC GMBH) 19. März 1992 (1992-03-19) Spalte 3, Zeile 8 - Zeile 38 Abbildung ---	1,2,7,8, 16,21,22

	---/---	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

27. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/12/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Krametz, E

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 195 04 047 C (DAIMLER BENZ AG) 25. Juli 1996 (1996-07-25) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 41 -Spalte 3, Zeile 9 Spalte 3, Zeile 48 -Spalte 4, Zeile 50 Abbildung -----	2,5,6, 15-19

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02220

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4500163	A	19-02-1985	CA	1182313 A	12-02-1985
			GB	2104678 A, B	09-03-1983
			JP	58027136 A	17-02-1983
US 5926294	A	20-07-1999	JP	9222513 A	26-08-1997
US 4863225	A	05-09-1989	GB	2189044 A, B	14-10-1987
DE 4038308	A	19-03-1992	KEINE		
DE 19504047	C	25-07-1996	AU	4786996 A	27-08-1996
			DE	19680063 D	20-05-1998
			DE	59601773 D	02-06-1999
			WO	9625008 A	15-08-1996
			EP	0808543 A	26-11-1997
			US	5894489 A	13-04-1999

